

«РАДИО» – РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Основана в 1947 году
Выпуск 1038

„РАДИО“ — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

Под общей ред. А. В. ГОРОХОВСКОГО

МОСКВА «РАДИО И СВЯЗЬ» 1982

ББК 32.884.19
Р15
УДК 621.396.6

Р15 «Радио» — радиолюбителям / В. Г. Борисов, А. В. Гороховский, Б. Г. Степанов, В. В. Фролов; Под ред. А. В. Гороховского. — М.: «Радио и связь», 1981. — 80 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1038).

90 к.

Описаны лучшие конструкции, опубликованные в журнале «Радио» в 1977—1979 гг. Даются рекомендации по выбору схем, приводятся краткие справочные данные о новых радиоэлектронных компонентах, технологические советы и советы по усовершенствованию бытовой аппаратуры. Приведенные конструкции рассчитаны на самостоятельное изготовление радиолюбителями различной квалификации.

Для широкого круга радиолюбителей.

Р $\frac{30404\text{-}170}{046(01)\text{-}81}$ 214-81 (Э.) 2402020000 ББК 32.884.19
6Ф2.9

ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ БОРИСОВ,
АНАТОЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ГОРОХОВСКИЙ,
БОРИС ГРИГОРЬЕВИЧ СТЕПАНОВ,
ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ФРОЛОВ

«РАДИО» — РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ

Редактор издательства *Н. В. Ефимова*
Художественный редактор *Н. А. Игнатьев*
Обложка художника *Т. Н. Хромовой*
Технический редактор *Г. З. Кузнецова*
Т. В. Покатова

ИБ № 3102 (Энергия)

Сдано в набор 10.03.81 Подписано в печать 09.02.82 Т-03876 Формат 84×108$^{1}/_{16}$ Бумага тетрадная № 1 Гарнитура литературная Печать высокая Усл. п. л. 8,4 Усл. кр.-отт. 9,03 Уч.-изд. л. 12,12 Тираж 120 000 экз. (допечатка тиража) Изд. № 19438 Зак. 302 Цена 90 к.

Издательство «Радио и связь», Москва, Главпочтамт, а/я 693.

Набрано и сматрицировано в Ярославском полиграфкомбинате Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97. Отпечатано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Чехов Московской области. Зак. 440

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборники «Радио» — радиолюбителям» рассчитаны на широкие круги энтузиастов радиотехники. Материалы этих сборников базируются на публикациях журнала Радио».

Основное содержание данного сборника — описание конструкций разнообразной аппаратуры, рассчитанной на самостоятельное изготовление радиолюбителями различной квалификации. Тематика этого сборника весьма широка — здесь и статьи по усилительной технике и электроакустике, описание как законченных разработок, так и отдельных узлов радиоприемных и телевизионных аппаратов. Много внимания уделяется измерительным приборам, без которых немыслимо изготовление и налаживание современных радиоэлектронных устройств. Не забыты и радиоспортсмены — в сборнике дается описание аппаратуры для любителей коротких и ультракоротких волн, спортивной радиопеленгации («охоты на лис») и для других направлений радиоспорта. Читатель найдет также и материалы по применению радиоэлектроники в народном хозяйстве и быту.

Радиолюбители — народ творческий. Они стремятся не просто повторить по описанию ту или иную конструкцию, но и усовершенствовать ее, многие же самостоятельно разрабатывают различные радиоэлектронные устройства, оригинально решают отдельные их узлы. В этой работе им окажут помощь статьи данного сборника, содержащие немало интересных схемных решений тех или иных узлов аппаратуры, которые могут быть использованы при разработке и конструировании различных радиоэлектронных устройств.

Радиолюбительство в Советском Союзе прошло большой путь. Если первые радиолюбители в начале двадцатых годов строили простейшие приемники, то сегодня им по плечу создание сложных радиотехнических комплексов, успешно используемых в производстве. Новая замечательная страница в истории отечественного радиолюбительства была вписана 26 октября 1978 г., когда на околоземную орбиту были выведены первые советские радиолюбительские спутники, ознаменовавшие тем самым, что ныне энтузиастам радиотехники вполне по плечу решение не только земных задач, но и таких сложных, как освоение космического пространства.

Основным направлением в радиоэлектронике сейчас является микроминиатюризация, широкое использование интегральных микросхем и других современных электронных компонентов, позволяющих создавать высоконадежные устройства, имеющие небольшие габариты, потребляющие мало энергии. Радиолюбители теперь широко применяют в своих конструкциях эту элементную базу. Поэтому и материалы сборника нацеливают радиолюбителей на все новое, что появляется в радиоэлектронике, помогая им идти в ногу с научно-техническим прогрессом, который в немалой степени определяется достижениями радиотехники и электроники.

Отзывы и пожелания посылайте по адресу: 101000, Москва, Чистопрудный бул., 2, издательство «Радио и связь», Массовая радиобиблиотека.

Главный редактор журнала
«Радио» А. В. Гороховский

ГЛАВА 1

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И БЫТУ

АВТОМАТ-ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Зимой с ее холодами всегда появляются у водителей автотранспорта дополнительные хлопоты. Особенно, если систему охлаждения двигателя заливают водой.

Для обеспечения постоянной готовности автомобиля к выезду в зимнее время радиолюбитель В. Рыкунов из подмосковного города Щелково предлагает оборудовать автомобиль устройством автоматического включения двигателя для прогрева. Автомат, особенно необходимый при длительных стоянках, может быть установлен на любом автомобиле с электромагнитным включением стартера. В нем предусмотрена система блокировки, исключающая включение стартера при работающем двигателе. Дополнительный расход горючего незначителен.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1.1. Контакты термовыключателя *В2* укреплены на блоке цилиндров двигателя. При температуре 40°С и ниже они замкнуты. При включении автомата выключателем *В1* напряжение бортовой сети (+12 В) подается на нагреватель термореле *Р5*, на обмотку электромагнитного реле *Р1* и транзисторный счетчик. При этом реле *Р1* срабатывает, его контакты *Р1.1* включают зажигание, а контакты *Р1.2* — стартер, запускающий двигатель. Напряжение генератора работающего двигателя поступает на обмотку реле *Р2*, оно срабатывает и переключающимся контактом *Р2.1* обесточивает реле *Р1*, *Р5* и транзисторный счетчик. Стартер выключается, а зажигание остается включенным контактами *Р2.1*, блокирующими контакты *Р1.1* Двигатель, следовательно, продолжает работать и постепенно прогревается.

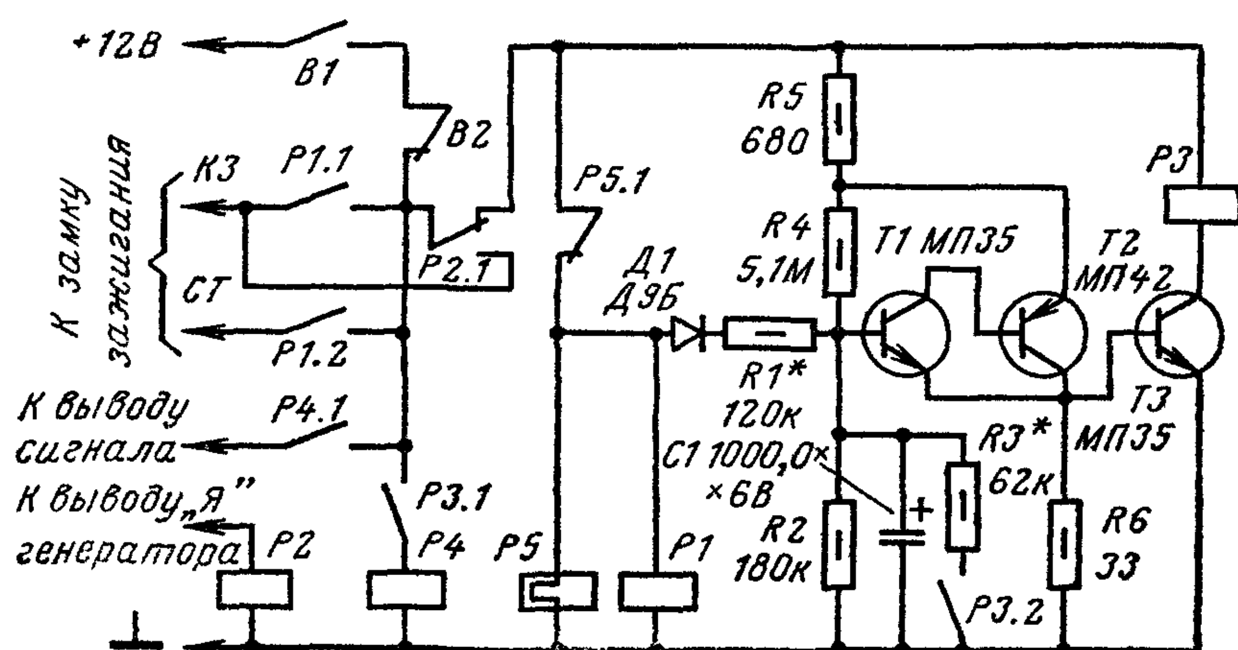


Рис. 1.1.

Как только температура двигателя достигает 80°С, контакты термовыключателя *В2* размыкаются, зажигание выключается и двигатель прекращает работать. Двигатель начинает постепенно охлаждаться. Как только температура блока цилиндров снизится до 40°С, контакты термовыключателя вновь замкнутся, сработает автоматика и начнется следующий цикл запуска двигателя автомобиля.

Непрерывная работа стартера регламентируется автоматом в течение 4—4,5 с. Если, однако, за это время двигатель не запустится, то срабатывает термореле *Р5*, его контакты *Р5.1* размыкаются, реле *Р1* обесточивается, а его контакты выключают зажигание и стартер. Одновременно начинает работать устройство на транзисторах *Т1—Т3*, назначение которого — подавать звуковой сигнал, когда в двигателе появляется неисправность и он не запускается после нескольких попыток.

Эта часть автомата состоит из счетчика числа попыток запуска двигателя и блока сигнализации. За первые 4 с работы стартера конденсатор *С1* успевает зарядиться (через диод *Д1* и резистор *R1*) до напряжения около 0,7 В. После срабатывания термореле *Р5* и размыкания его контактов *Р5.1* следует пауза (40 с), во время которой конденсатор медленно разряжается через резистор *R2* (диод *Д1* в этом время закрыт обратным напряжением) до падения напряжения на нем, равного примерно 0,5 В. Через 40 с (по окончании паузы) сработает термореле *Р5*, его контакты *Р5.1* вновь замкнутся, а еще через 4 с включится зажигание и стартер, автомат второй раз попытается запустить двигатель. Если и эта попытка окажется безуспешной, последует вторая пауза в 40 с, а конденсатор *С1* за 4 с дополнительно зарядится до напряжения около 1,6 В. При третьей попытке напряжение на конденсаторе возрастет примерно до 2,2 В — порога открывания транзисторов *Т1—Т3*. При открывании транзисторов срабатывает реле *Р3*, а его контакты *Р3.1* замыкают цепь питания обмотки промежуточного реле *Р4*, включающего (контактами *Р4.1*) звуковой сигнал автомобиля (на автомобилях некоторых моделей промежуточное реле предусмотрено).

В момент срабатывания реле *Р3* его вторая группа контактов *Р3.2*, замыкаясь, подключает параллельно конденсатору *С1* резистор *R3*. Поэтому звуковой сигнал длится лишь несколько секунд — до тех пор, пока конденсатор не разрядится через резисторы *R3* и *R2* до напряжения, при котором транзисторы закрываются и реле *Р3* отпускает якорь. Еще через 40 с после очередной попытки автомата запустить двигатель снова прозвучит короткий тревожный сигнал. Так будет продолжаться до тех пор, пока двигатель не запустится. При

этом следует выключить питание автомата и устранить неисправность в двигателе. В том же случае, если двигатель запустится при второй попытке, контакты *Р2.1* отпустившего реле *Р2* обесточат счетчик числа запусков двигателя и конденсатор *С1* полностью разрядится через резистор *R2*.

Конструкция. Все детали автомата, кроме термовыключателя *В2*, установленного на блоке цилиндров двигателя, смонтированы на гетинаксовой плате, которая помещена в металлический футляр. В нем использованы электромагнитные реле *Р1*, *Р2* и *Р4* типа МКУ-48 (*Р1* и *Р4* — паспорт РА4.501.095. *Р2* — паспорт РА4.501.098), реле *Р3* типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.131). Контакты реле *Р1* соединены попарно параллельно. У реле *Р2* переключающие группы контактов соединены параллельно.

Термореле *Р5*, конструкция и детали которого показаны на рис. 1.2, изготовлено из деталей заводского термореле типа ТРН-25. От него используют боковую биметаллическую пластину шириной 12 мм (с арматурой). Пластинку *4* несколько укорачивают, стачивают напильником до ширины 4,5 мм, с обеих сторон накладывают слюдяные полоски и наматывают нагреватель *3* — 14 витков нихромового провода диаметром 0,5 мм (от электроплитки или электроутюга). Затем изготовляют стальную скобу *1* и на нее устанавливают готовую биметаллическую пластину с арматурой и кнопочный выключатель *2* типа Д701. На схеме автомата контакты этого выключателя обозначены *Р5.1*. При напряжении 12 В ток через нагреватель равен примерно 4 А. Биметаллическая пластина, нагреваясь, должна изгибаться и свободным концом нажимать на кнопку выключателя.

Биметаллическая пластина может быть также от электроутюга или самодельной (см. «Радио», 1967, № 7, с. 53). Конденсатор *С1* должен быть с минимальным током утечки (ЭТО-2, К52-2, К52-3).

В автомате использован термовыключатель АД-155М-А2 (температура включения +40°С, выключения +80°С; максимальный ток коммутации 25 А при постоянном напряжении 27 В). Термовыключатель *1* (рис. 1.3) прикрепляют к блоку цилиндров *3* двумя винтами через промежуточное теплопроводящее кольцо *2*, выточенное из меди, латуни или алюминия. Для установки термовыключателя на блоке цилиндров или головке блока цилиндров выбирают подходящий плоский участок, который шлифуют наждачной бумагой, укрепленной на деревянном бруске. Затем на выбранной площадке сверлят два отверстия и нарезают резьбу М4. При окончательной установке термовыключателя резьбу в отверстиях смазывают краской.

Налаживание автомата начинают после установки его на автомобиль. Сначала регулируют термореле регулировочным винтом *5*. Для этого контакты *В2* термовыключателя временно замыкают проволочной перемычкой, отключают выводы *К3* и *СТ* от замка зажигания и вывод от сигнала, а параллельно обмотке реле *Р4* подключают, автомобильную лампу 12 В. 21 св для индикации момента срабатывания реле *Р3*. Цепь *Д1R1* разрывают. Контакты *Р5.1* должны размыкаться через 4—4,5 с после включения питания (выключателем *В1*) и замыкаться вновь через 35—45 с.

Затем восстанавливают цепь *Д1R1* и настраивают счетчик числа запусков. Напряжение

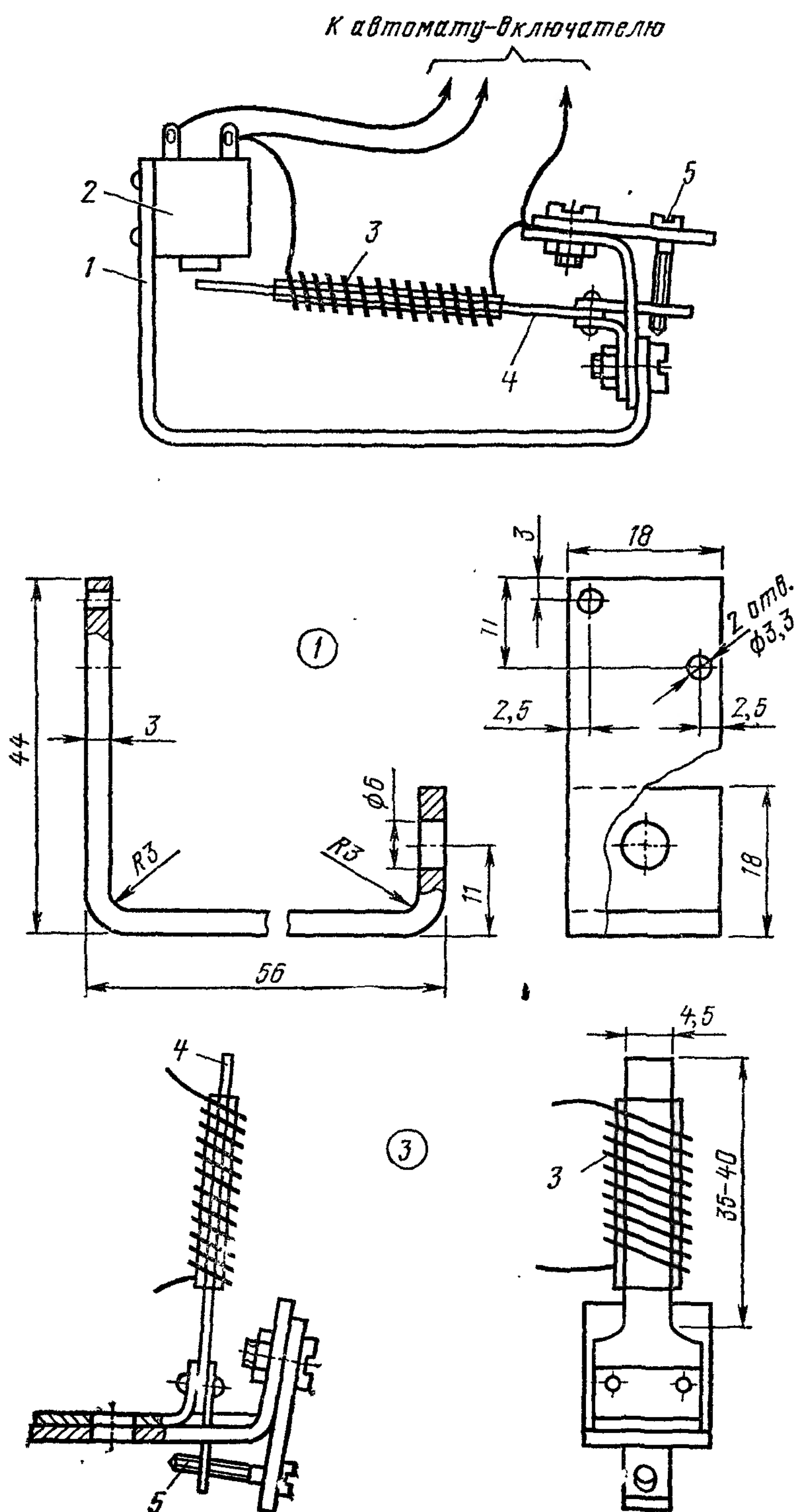


Рис. 1.2

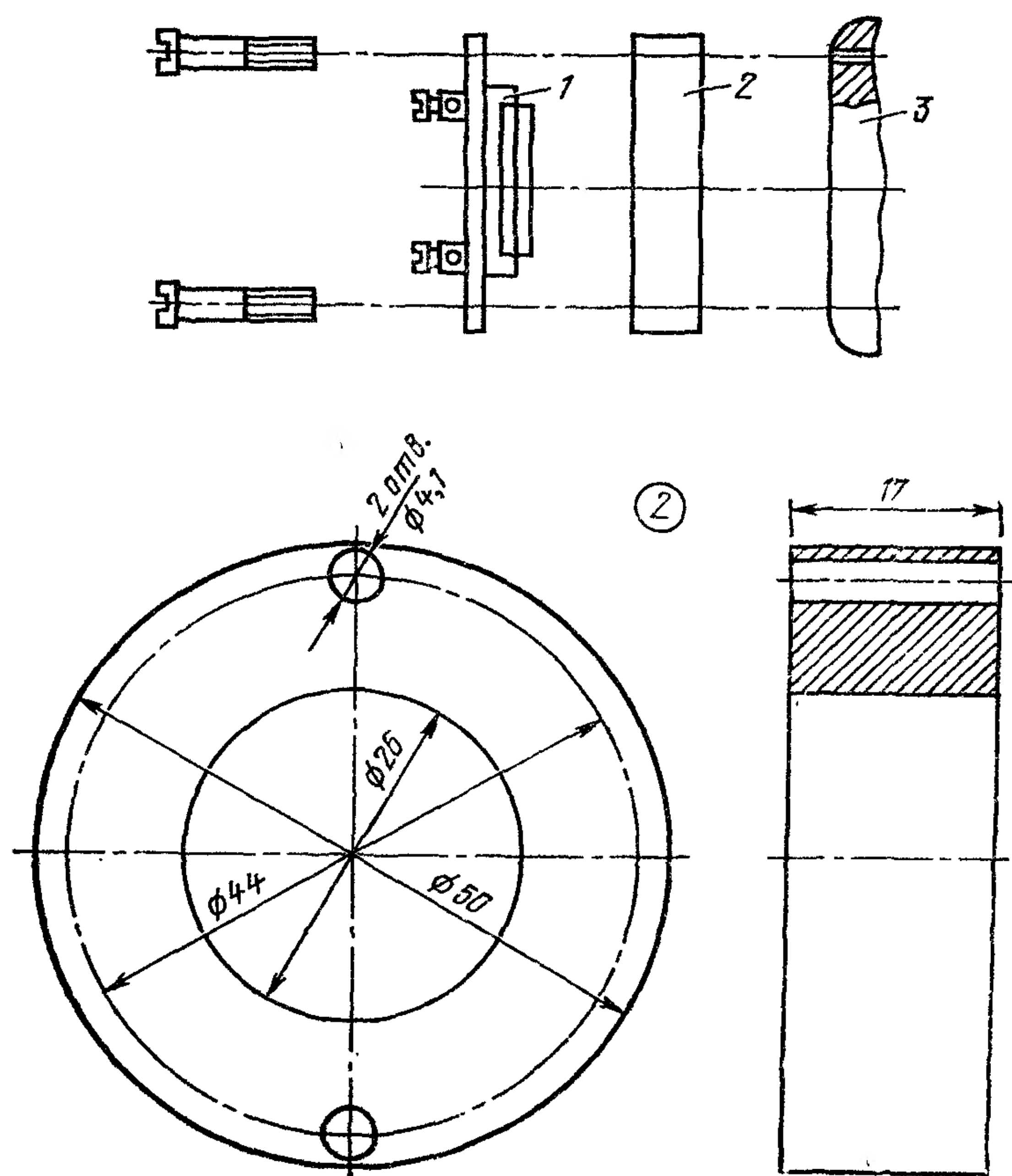


Рис. 1.3.

на конденсаторе *C1* контролируют ламповым вольтметром. После первого включения стартера напряжение на конденсаторе должно быть 0,7±0,2 В, после второго — 1,6±0,2 В, после третьего — 2,2±0,2 В. Если этого не происходит, следует подобрать резистор *R1* несколько меньшего сопротивления; если реле *P3* срабатывает во время второй попытки, то этот резистор заменяют другим, бо́льшего сопротивления. Длительность звукового сигнала устанавливают подбором резистора *R3*.

Описанный автомат может найти широкое применение на автомобилях специальных служб, например пожарной охраны, скорой медицинской и технической помощи, на грузовых автомобилях, которым приходится подолгу стоять под погрузкой или разгрузкой.

ТРЕХМЕРНЫЙ ИНДИКАТОР НАПРЯЖЕНИЯ

На приборной панели автомобиля три светодиода. При пониженном напряжении бортовой сети светится «красный» светодиод, при нормальном — «желтый», при повышенном напряжении — «зеленый». Такой прибор, позволяющий быстро и с достаточной точностью определить напряжение в бортовой сети автомобиля, разработал М. Челебаев из г. Красногорска Московской области.

Принципиальная схема индикатора показана на рис. 1.4. Работает он так. Когда напряжение бортовой сети меньше 11,7 В, все транзисторы закрыты. В это время включен только светодиод *Д5* красного свечения. Резистор *R8* ограничивает ток, текущий через этот светодиод. При увеличении напряжения бортовой сети более 11,7, но менее 12,7 В открываются стабилитрон *Д4* и транзисторы *Т3, Т4*. Транзистор *Т4* малым сопротивлением шунтирует светодиод *Д5*, и он гаснет, а транзистор *Т3* включает светодиод *Д3* желтого свечения.

В том случае, когда напряжение бортовой сети превышает 12,7 В, открывается стабилитрон *Д2*. При этом он открывает транзисторы *Т2* и *Т1*. Первый из них шунтирует последовательно соединенные светодиод *Д3* и транзистор *Т3*, в результате светодиод гаснет, а второй транзистор включает светодиод *Д1* зеленого свечения. Ток, потребляемый индикатором при напряжении бортовой сети 14 В, не превышает 70 мА.

Конструкция. Все детали индикатора, кроме светодиодов, смонтированы на печатной плате, выполненной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы и схема соединения деталей на ней показаны на рис. 1.5. Плату необходимо заключить в пластмассовый или металлический футляр.

Транзисторы МП37А, используемые в устройстве, можно заменить транзисторами МП38. Стабилитроны *Д2* и *Д4* необходимо подобрать на напряжение стабилизации 12 и 11 В соответственно. Подбором стабилитронов на другие напряжения стабилизации можно сместить уровни индицируемых напряжений.


Рис. 1.4


Рис. 1.5

Настройка индикатора сводится к подбору резистора *R3* (в пределах от 300 Ом до 5 кОм), добиваясь четкого включения светодиодов *Д1* и *Д3*.

Такой индикатор можно использовать и для контроля напряжения при зарядке аккумуляторных батарей, если выбрать светодиод *Д5* желтого, *Д3* зеленого, а *Д1* красного свечения и подобрать стабилитрон *Д2* на напряжение стабилизации 14 В. В этом случае при напряжении батареи менее 11,7 В будет светиться «желтый» светодиод, сигнализирующий о ее пониженном напряжении, а при напряжении 11,7—14,7 В — «зеленый», свидетельствуя о нормальной зарядке батареи. При напряжении батареи выше 14,7 Б включится «красный» светодиод, индицирующий перезарядку батареи. Но при измерении напряжения батареи к ней необходимо подключать нагрузочный резистор соответствующего сопротивления.

КОМБИНИРОВАННЫЙ РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ

В сельском хозяйстве есть производственные объекты (теплицы, парники), температура в которых должна быть в прямой зависимости от условий освещенности. Объясняется это тем, что на развитие тепличных культур сильно влияет температура воздуха: днем и в солнечную погоду она должна быть выше, чем ночью и в пасмурную погоду. Наиболее эффективно решить эту задачу можно с помощью автоматического регулятора, в котором объединены два взаимосвязанных канала управления: от датчика освещенности и датчика температуры.

Принципиальная схема такого автоматического регулятора, предложенного В. Сазыкиным из Краснодара, показана на рис. 1.6. Автомат обеспечивает поддержание постоянства температуры воздуха от 15 до 50°C с точностью до 0,4°C при отклонении освещенности от некоторого порогового уровня, устанавливаемого в пределах 500—25 000 лк.

Прибор состоит из блока регулирования температуры (РТ) на транзисторах *Т4—Т6* и блока коррекции температуры (КТ) в зависимости от необходимой освещенности, собранного на транзисторах *Т1* и *Т2*. Блоки, выполненные на основе триггера Шмитта, связаны между собой через транзистор *Т3* согласующего устройства. Транзистор *Т6* — усилитель мощности. В зависимости от положения замыкающего контакта переключателя *В1* установленный уровень температуры смещается в более отрицательную или, наоборот, более положительную сторону. Электромагнитное реле *P1*, являющееся нагрузкой выходного каскада, своими контактами (на схеме не показаны) управляет работой элементов нагревательного устройства.

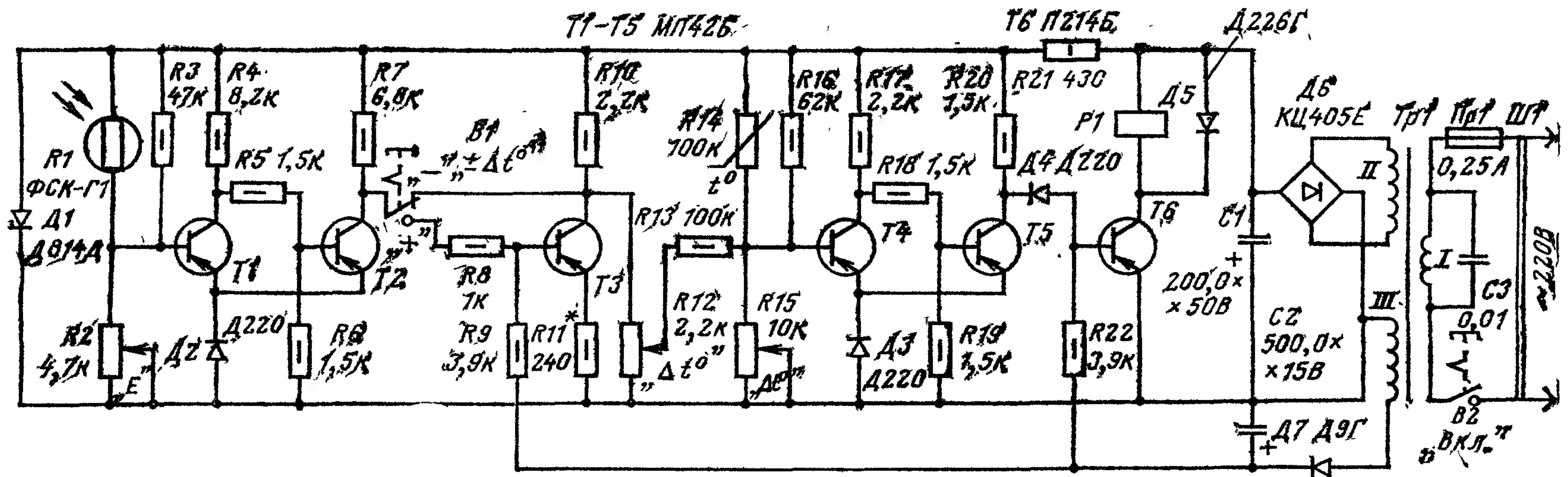


Рис. 1.6

В блоке питания регулятора находятся два выпрямителя: двухполупериодный на выпрямительном блоке КЦ405Е (*Д6*) и однополупериодный на точечном диоде Д9Г (*Д7*). С выхода первого выпрямителя напряжение подается на транзистор *Т6* и через дополнительный стабилизатор напряжения на стабилитроне *Д1* — на транзисторы всех других каскадов регулятора. Положительное напряжение второго выпрямителя подается через резисторы *R9* и *R22* на базы транзисторов *Т3* и *Т6*, чтобы поддерживать их в закрытом состоянии.

Необходимые параметры среды, поддерживаемые описываемым устройством, устанавливают: по освещенности переменным резистором *R2* («*E*»), по температуре переменным резистором *R15* («Δt°»), пределы смещения заданной температуры переменным резистором *R12* («Δt°»). Для уменьшения зоны нечувствительности триггеров (гистерезиса) блоков РТ и КТ в эмиттерные цепи их транзисторов включены диоды *Д2* и *Д3*.

Принцип действия комбинированного регулятора заключается в следующем. С повышением температуры объекта сопротивление терморезистора *R14*, являющегося датчиком блока РТ, уменьшается. При этом увеличивается и отрицательное напряжение на базе транзистора *Т4* триггера блока РТ. При некотором пороговом уровне температуры, устанавливаемом переменным резистором *R15*, триггер переключается — транзистор *Т4* открывается, а *Т5* закрывается. Это приводит к открыванию транзистора *Т6* (усилителя мощности), срабатыванию реле *Р1* и отключению его контактами нагревательного устройства. В результате температура на объекте начинает снижаться, а сопротивление терморезистора увеличиваться. При некоторой определенной температуре транзистор *Т4* закроется и триггер блока РТ переключится в исходное состояние, реле *Р1* отпустит и его контакты включат устройство обогрева объекта.

Порог срабатывания блока КТ устанавливают переменным резистором *R2*. Пока освещенность объекта меньше установленной пороговой, транзистор *Т1* триггера блока закрыт, а *Т2* открыт. Если замыкающий контакт переключателя *В1* находится в положении «—», показанном на схеме, то напряжение на коллекторе транзистора *Т3* и верхнем (по схеме) выводе резистора *R15* относительно общего проводника цепи питания близко к нулю. В этом случае положение движка этого резистора никак не сказывается на работе блока КТ.

По мере нарастания освещенности сопротивление фоторезистора *R1* уменьшается, а отрицательное напряжение на базе транзистора *Т1* увеличивается. Как только освещенность превысит пороговое значение, триггер блока переключится в другое устойчивое состояние, при котором транзистор *Т2* закроется. От этого на резисторе *R12* появится некоторое напряжение, которое изменит порог срабатывания триггера блока РТ, устанавливаемый переменным резистором *R15*. Теперь триггер этого блока будет срабатывать уже при более низкой температуре: она будет тем ниже, чем больше напряжение, снимаемое с движка резистора *R12*. Транзистор *Т3* согласующего устройства в это время закрыт напряжением однополупериодного выпрямителя и в работе регулятора не участвует. При другом положении переключателя *В1* транзистор *Т3* будет открываться при закрывании транзистора *Т2* триггера блока КТ. В этом случае воздействие блока КТ на блок РТ будет противоположным по знаку. Регулировать же «поправку», вносимую блоком КТ, можно переменным резистором *R12*.

Конструкция. Большая часть деталей комбинированного регулятора смонтирована на печатной плате, выполненной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы с соединениями деталей на ней показан на рис. 1.7. Два отверстия диаметром 4 мм, просверленные в плате, служат для крепления ее в корпусе прибора.

Маломощные транзисторы, используемые в приборе, могут быть любыми из серий МП40—МП42, а мощный — из серий П213—П216. Терморезистор *R14* может быть ММТ-6, ММТ-4, КМ-4. Все переменные резисторы — ППЗ, электролитические конденсаторы *С1* и *С2* — К50-6. Переключатель *В1* и выключатель питания *В2* типа П2К с фиксацией в нажатом положении.

Трансформатор питания *Тр1* намотан на магнитопроводе ШЛ20×16. Сетевая обмотка *I* содержит 3300 витков провода ПЭВ-2 0,1, обмотка *II* — 350 вит-

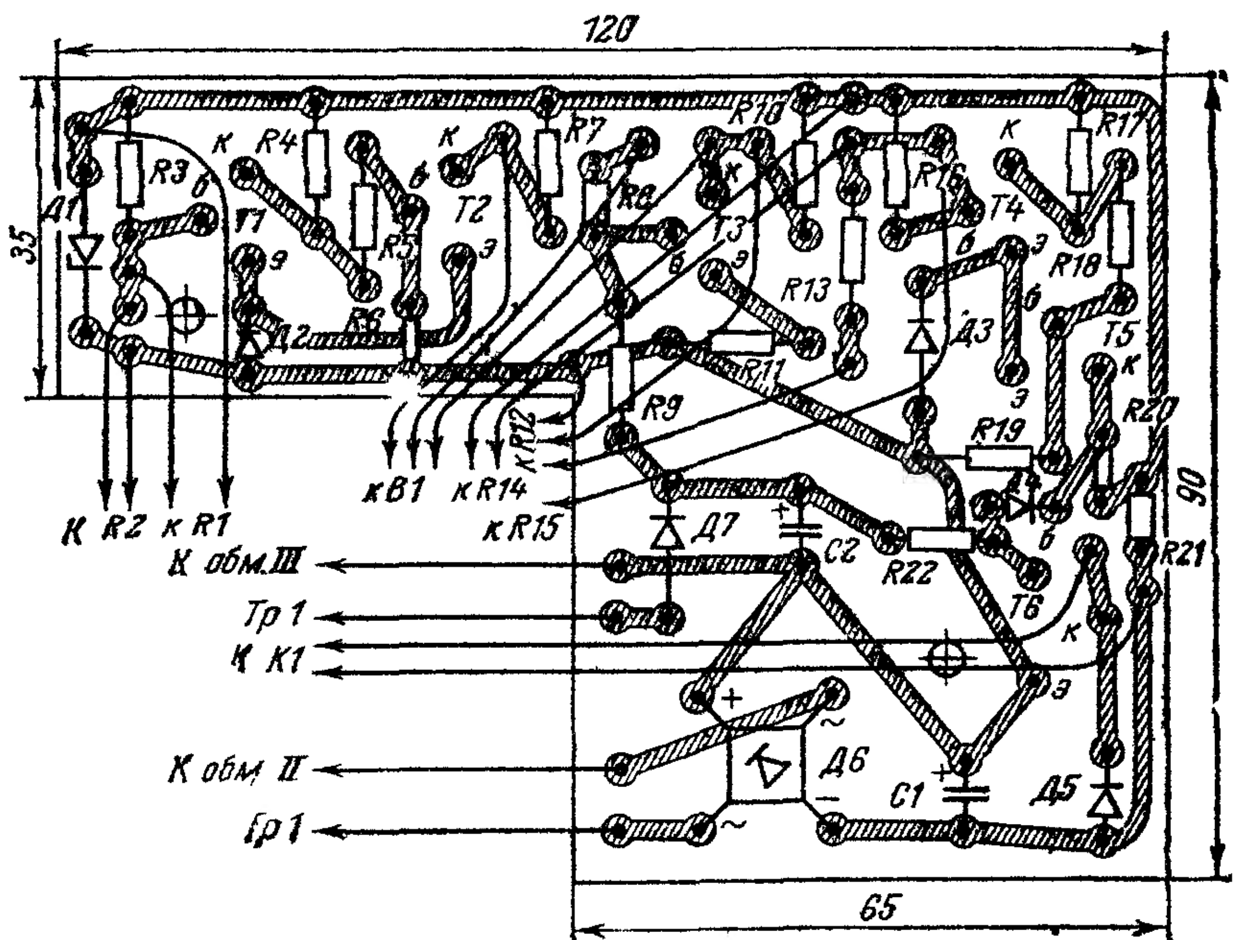


Рис. 1.7

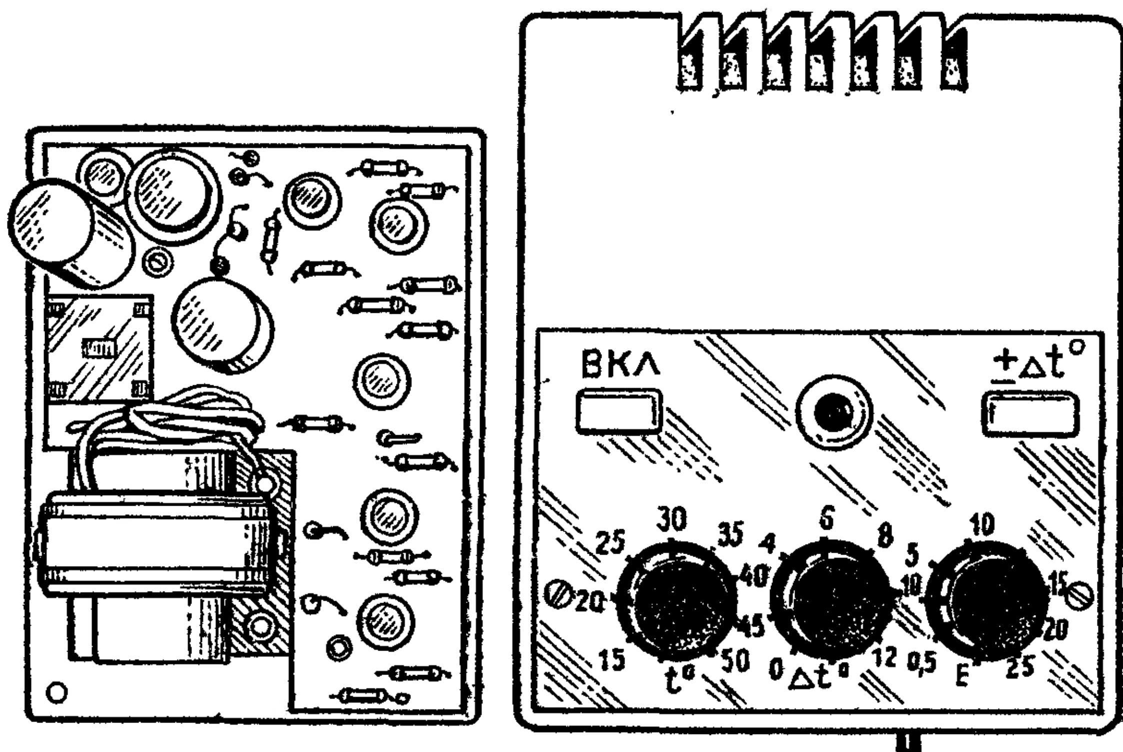


Рис. 1.8

ков провода ПЭВ-2 0,47, обмотка III — 100 витков ПЭВ-20, 21.

Электромагнитое реле *Р1*, управляющее мощным контактором включения обогревателя, типа РПУ-2 на напряжение срабатывания 24 В. При относительно небольшой коммутируемой мощности реле может быть типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.163 или РФ4.500.131).

Корпусом описываемого прибора служит металлический футляр от стандартного понижающего трансформатора ТБ-63. Монтажная панель с находящимися на ней платой и трансформатором питания укреплена на петлях, что сделано только для удобства осмотра и ремонта. Все органы управления размещены на верхней стенке корпуса. Внешний вид прибора с повернутой монтажной панелью показан на рис. 1.8.

Оба датчика (*R1*, *R14*) устанавливают в зоне поддержания нужного микроклимата и соединяют с регулятором экранированным проводом. Экранирующую оплетку соединяют с минусовым проводником цепи питания блоков КТ и РТ, т. е. проводником, идущим от левого (по схеме) вывода резистора *R21*. Терморезистор помещают в пластмассовый защитный футляр с отверстиями диаметром 8—10 мм. Защитный футляр фоторезистора, имеющий форму полусферы радиусом 20—25 мм, сделан из пластмассы молочного цвета. Его располагают в месте, защищенном от случайных тепловых и световых воздействий.

Налаживание прибора сводится в основном к градуировке шкал переменных резисторов начиная с резистора *R15* блока РТ. Его движок устанавливают в нижнее (по схеме) положение, терморезистор и образцовый термометр помещают в сосуд с водой и начинают подогревать ее. Шкалу резистора размечают по показаниям образного термометра в моменты срабатывания выходного реле *Р1* при различных положениях движка резистора *R15*.

Следующей градуируют шкалу переменного резистора *R2* блока КТ, контролируя освещенность по люксометру, например, Ю-16. Проводник, идущий от коллектора транзистора *Т2* к переключателю *В1* временно отключают, а параллельно резистору *R7* подключают вольтметр постоянного тока. Если стрелка вольтметра не отклоняется, это свидетельствует о том, что освещенность выше заданной, поэтому триггер блока уже переключился и его транзистор *Т2* находится в открытом состоянии.

Надо иметь в виду, что фоторезисторы обладают резко выраженной спектральной зависимостью сопротивления. Поэтому градуировать шкалу резистора *R2* следует при тех источниках света, при которых прибор будет работать. Затем по шкале резистора *R15* или образцовому термометру градуируют шкалу резистора *R12* регулировки смещения температуры. Для этого переключатель *В1* устанавливают в положение «—» и, медленно вращая ручку резистора *R15*, подводят его движок возможно ближе к тому положению, при котором триггер блока РТ переключается. Далее, установив движок резистора *R12* в некоторое положение и постепенно увеличивая освещенность фоторезистора путем приоткрывания окна его защитного футляра, движок резистора *R15* смещают в сторону уменьшения температуры до момента срабатывания выходного реле. Искомая температура смещения при данном положении движка резистора *R12* соответствует разности показаний по шкале резистора *R15*. Аналогично определяют и делают другие отметки на шкале резистора *R12*.

После этого переключатель *В1* устанавливают в положение «+» и подбором резистора *R11* (его сопротивление может быть 200—300 Ом) добиваются возможно точного совпадения отметок смещения температуры с уже отградуированной шкалой резистора *R12*.

ИНДИКАТОР ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИВОТНЫХ

Этот прибор, предложенный В. Бойко и А. Петровым (г. Москва), позволяет определить превышение максимально допустимой температуры животных. Для крупного рогатого скота, например, максимально допустимой является температура 39,5°С. Время одного измерения с использованием описываемого ниже выносного щупа не превышает 20 с летом и 40 с зимой. Точность измерения около 0,1°С.

Принципиальная схема индикатора изображена на рис. 1.9. Датчиком измерительного щупа служит малоинерционный терморезистор СТЗ-25 (*R16*). Он включен в одно из плеч измерительного моста, образованного резисторами *R3—R5* и *R7—R9*. На одну из диагоналей моста подается стабилизированное напряжение, снимаемое со стабилитрона *Д1*. С другой диагонали моста сигнал, соответствующей измеряемой температуре животного, поступает на вход дифференциального усилителя постоянного тока, выполненного на операционном усилителе К1УТ402Б (*ИМС1*). Балансировку измерительного моста осуществляют в соответствии с максимально допустимой температурой животного подстроечным резистором *R9*. Резисторы *R10* и *R11* образуют цепь отрицательной обратной связи (ООС), стабилизирующей коэффициент передачи усилителя. Шунтирующие их диоды *Д2—Д4* предотвращают перегрузку усилителя в случае обрыва в цепи терморезистора измерительного щупа.

С выхода усилителя напряжение сигнала подается

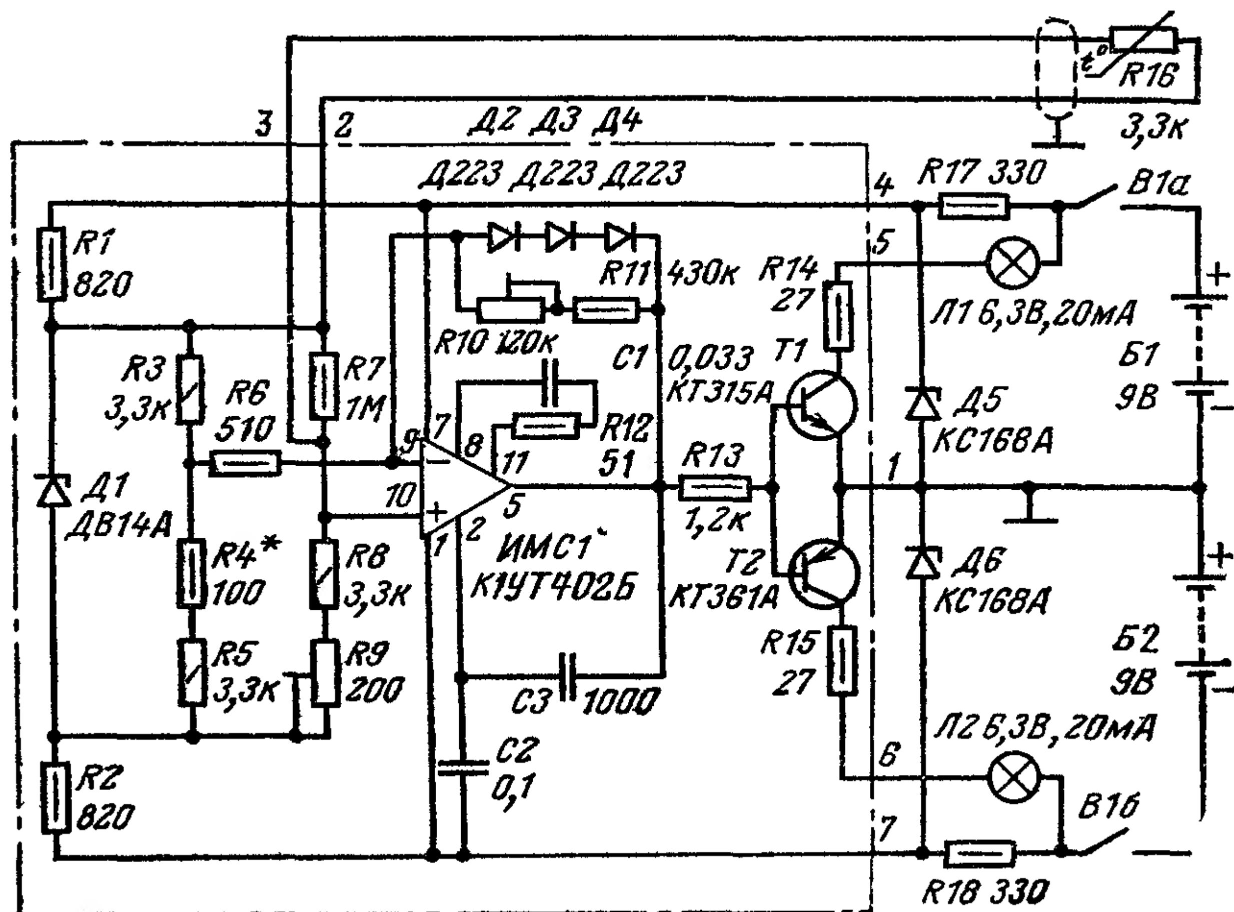


Рис. 1.9

через резистор R12 на базы транзисторов $T1$ и $T2$, работающих в ключевом режиме. При положительном напряжении, соответствующем температуре животного, превышающей максимально допустимую, открывается только транзистор $T1$ структуры *n-p-n* и загорается лампа накаливания *Л1* (красная), включенная в его коллекторную цепь. А при отрицательном напряжении, когда температура животного меньше максимально допустимой, открывается транзистор $T2$ структуры *p-n-p* и зажигается сигнальная лампа *Л2* (зеленая).

Питание индикатора осуществляется от двухполярного источника, составленного из двух последовательно соединенных батарей *Б1* и *Б2* напряжением по 9 В. Каждая батарея составлена из семи аккумуляторов Д-0,2 (можно батареи «Крона», 3336Л). Стабилитроны *Д5* и *Д6* стабилизируют напряжение источника питания. Резисторы *R14* и *R15* ограничивают ток коллекторных цепей транзисторов $T1$ и $T2$. Резисторы *R3, R5* и *R8* типа БЛТ-0,25±1%, остальные МЛТ-05, с допуском не хуже 5%.

Конструкция выносного термощупа показана на рис. 1.10. Его основой служит никелевая тонкостенная трубка *1* диаметром 2,5—3,5 мм, завальцованная с одной стороны так, чтобы осталось отверстие 0,25—0,3 мм. К выводам терморезистора *5* припаивают отрезки *7* провода ПЭВ 0,08—0,1 длиной по 130—140 мм. Терморезистор вместе с проводниками и завальцованный конец трубки покрывают тонким слоем лака, что предотвращает замыкание между ними при монтаже термощупа и работе с ним.

Терморезистор устанавливают возле отверстия завальцованного конца трубки, а его выводы через отверстие пропускают к противоположному концу трубки. Затем этот конец термощупа опускают в эпоксидный клей и сразу же вынимают. Так поступают для того, чтобы высохший слой *6* эпоксидного клея, от толщины которого зависит время измерения, был небольшим. На другой конец трубки плотно насаживают ручку-ограничитель *2*. Выводы терморезистора соединяют с экранированным кабелем *4*, пропущенным через отверстие в крышке *3*. Ручку-ограничитель и навинчивающуюся на нее крышку вытачивают на токарном станке из эбонита или винипласта.

Бóльшую часть деталей индикатора можно смонтировать на печатной плате размером 85×50 мм (рис. 1.11), выполненной из фольгированного стеклотекстолита или гетинакса толщиной 1,5—2 мм. Стабилитроны *Д5* и *Д6* вместе с резисторами *R17* и *R18* монтируют на другой плате, которую размещают в отсеке питания корпуса прибора.

Налаживание прибора заключается в балансировке измерительного моста и регулировке его чувствительности. В это время термощуп должен находиться в термостате, в котором поддерживается постоянная температура, максимально допустимая для данного вида животных. Движок резистора *R9* измерительного моста устанавливают в среднее положение. После этого подбором резистора *R4*, а затем небольшим изменением сопротивления подстроечного резистора *R9* добиваются на выходе интегральной микросхемы (вывод *5*) напряжения, равного нулю. При этом ни одна из сигнальных ламп не должна светиться.

Чувствительность индикатора устанавливают подстроечным резистором *R10* в цепи обратной связи. Она будет тем выше, чем больше сопротивление цепи *R10R11*. Но с увеличением сопротивления этой цепи ухудшается стабильность коэффициента передачи усилителя. Нормальной чувствительностью надо считать, если при изменении температуры измерительного щупа на +3°С напряжение на выходе интегральной микросхемы (относительно заземленного проводника цепи питания) изменяется на +3 В.

Рис. 1.10

Рис. 1.11

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП

Прибор, разработанный горьковчанами А. Бондаренко и Н. Бондаренко, предназначен для обнаружения трещин, пор, несплавлений, шлаковых включений и других внутренних дефектов сварных швов в металлах и некоторых пластмассах. Глубина, на которой можно определить дефект в материале, от 7 до 50 мм с точностью до 1 мм. Индикация — световая и звуковая.

Питание прибора осуществляется от встроенного или внешнего источника постоянного тока напряжением 9 В. Потребляемый ток — около 30 мА. Рабочая частота

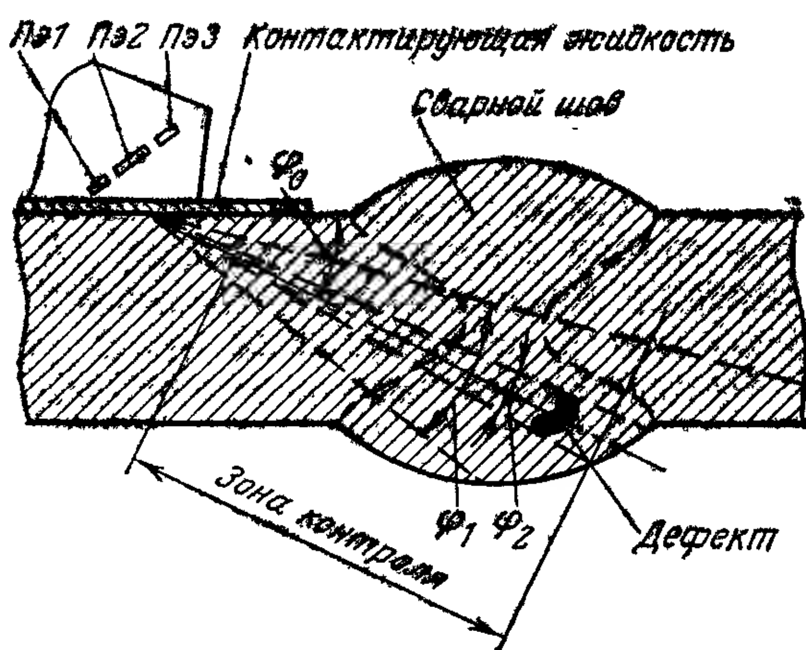


Рис. 1.12

дефектоскопа — 2,5 МГц. Время установки рабочего режима после включения питания — не более 0,5 с.

Принцип действия прибора, основанный на свойстве ультразвуковых колебаний (УК) отражаться от внутренних дефектов в материале, проводящем эти колебания, иллюстрирует рис. 1.12. Короткий импульс колебаний ВЧ (радиоимпульс) преобразуется пьезоэлектрическими пластинками *Пэ1 — Пэ3* в импульс УК, который через слой контактирующей жидкости распространяется в материале расходящимся пучком поперечных волн. Отражаясь от слоя с дефектом, УК воздействуют на пьезопластины и возбуждают в них электрический сигнал, который усиливают, преобразуют и подают на сигнализатор дефектов. Чтобы избежать ложных сигналов (например, отражений от валика усиления шва), наличие дефектов определяют сигнализатором в «зоне контроля», т. е. только в объеме сплавления шва.

Режимов работы дефектоскопа два: *Поиск* и *Оценка*. В режиме *Поиск* ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости $\varphi_1=13°$, а в режиме *Оценка* — $\varphi_2=8{,}5°$, что позволяет сначала определить наличие дефекта, а затем уточнить место его расположения. Угол ввода сигнала φ_0 зависит от сваренных материалов. Для стали, например, он равен 67°.

Принципиальная схема дефектоскопа показана на рис. 1.13, а временна́я диаграмма, иллюстрирующая его работу, — на рис. 1.14. Блок питания прибора образуют батарея *Б1* напряжением 9 В, составленная из девяти малогабаритных аккумуляторов Д-0,06 (внешний источник постоянного тока подключают к гнездам «+» и «—» разъема *Ш1*), стабилизатор напряжения на стабилитроне *Д14* и транзисторе *Т17* и преобразователь на трансформаторе *Тр1*, транзисторе *Т16* и диодах *Д10*, *Д11*, повышающий напряжение источника питания до 250 В. Высокое напряжение с выхода преобразователя подается только на генератор радиоимпульсов. Время непрерывной работы прибора от внутренней аккумуляторной батареи составляет 1,5 ч.

В генераторе радиоимпульсов работает динистор *Д1*. Импульс постоянного тока, проходящий через динистор, возбуждает в контуре *L1Пэ3* в режиме *Поиск* или *L1Пэ1—ПэR1* в режиме *Оценка* (нажата кнопка *Кн1*)

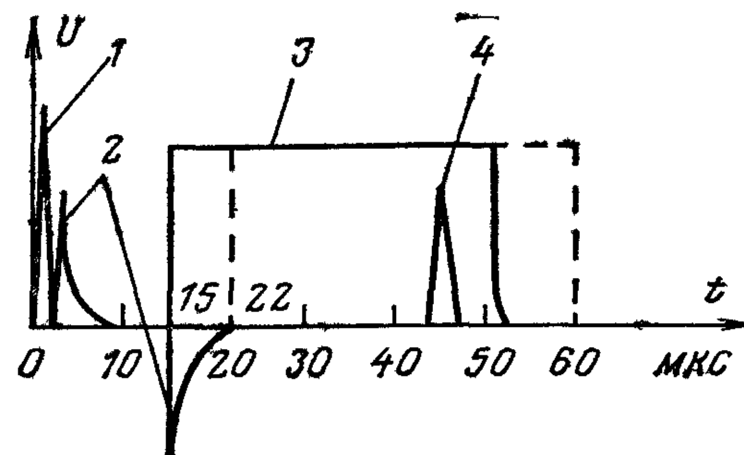


Рис. 1.14

Рис. 1.13

радиоимпульс, длительность которого на уровне 0,5 составляет 0,4 мкс. Чувствительность прибора в режиме *Оценка* устанавливают подстроечным резистором *R43*, включенным в цепь контура. Радиоимпульс, снятый с нижней (по схеме) части катушки *L1*, преобразуется диодом *Д7* в импульс положительной полярности (*1* на рис. 1.14), который через конденсатор *C21* и диод *Д8* запускает ждущий мультивибратор задержки сигнализатора дефектов, собранный на транзисторах *Т11, Т12*. Длительность импульса ждущего мультивибратора устанавливают резистором *R30* в эмиттерной цепи транзистора *Т11*. Продифференцированный импульс *2*, прошедший через транзистор *Т13*, включенный инвертером, через конденсатор *С24* и диод *Д9* запускает ждущий мультивибратор «зоны контроля» сигнализатора на транзисторах *Т14, Т15*. Длительность импульса *3* этого мультивибратора *3*, по которому определяют расстояние до дефекта, устанавливают переменным резистором *R35* («*Р*» — расстояние до дефекта). С коллектора транзистора *Т14* импульс через конденсатор *С27* подается на базу транзистора *Т2*, образующего с транзистором *Т3* устройство совпадения сигналов сигнализатора.

Но, допустим, в «зоне контроля» материала оказался дефект. В этом случае отраженный от него радиоимпульс преобразуется пьезопластинами *Пэ1* — *Пэ3* и усиливается широкополосным усилителем на двух интегральных микросхемах *ИМС1* и *ИМС2* серии К122 (двухкаскадный усилитель переменного тока). Диоды *Д2* и *Д3*, образующие двусторонний ограничитель переменного тока, защищают усилитель от перенапряжений. Далее усиленный радиоимпульс детектируется и ограничивается по амплитуде транзистором *Т1* сигнализатора дефектов и через конденсатор *С12* воздействует на базу транзистора *Т3* устройства совпадения (импульс *4*). Порог ограничения импульсов в детекторе-ограничителе устанавливают подстроечным резистором *R12*. Положительный импульс, снимаемый с коллектора транзистора *Т4*, проходит через конденсатор *С15*, диод *Д4* и запускает ждущий мультивибратор светового индикатора (транзисторы *Т5, Т6*), а через него — расширитель импульсов (транзисторы *Т7, Т8*) с симметричным мультивибратором (транзисторы *Т9, Т10*), генерирующим колебаиия звуковой частоты. При этом кратковременно зажигается светодиод *Д5* («*Д*» — дефект) и звучат телефоны *Тф1*, сигнализируя о наличии дефекта в «зоне контроля».

Резисторы *R3, R4* и конденсатор *С2* образуют устройство временного выравнивания амплитуды генерируемых радиоимпульсов. Оно формирует импульсы отрицательного экспоненциально возрастающего напряжения, которые через резистор *R5* и конденсатор *С4* поступают на вход усилителя, тем самым выравнивая чувствительность прибора по глубине залегания дефектов.

Конструкция искателя дефектоскопа показана на рис. 1.15. Он изготовлен из органического стекла, а его пьезопластины площадью 12×2 мм (2 шт.) и 12×6 мм — из титаната бария. Предварительно подогнанные по размерам, а значит, и по частоте пьезопластины приклеивают к наклонной плоскости в щели искателя эпоксидным клеем.

Внешний вид дефектоскопа показан на рис. 1.16. Корпус размером 94×58×18 мм изготовлен из листовой латуни толщиной 0,5 мм. Внутри корпус разделен экранирующими перегородками на отсеки: искателя, генератора радиоимпульсов, усилителя, детектора-ограничителя, блока подстроечных резисторов, аккумуляторной батареи. Для создания щелевого контакта между искателем дефектоскопа и проверяемым изделием к нижней стенке корпуса приклепана пластинка из инструментальной стали (отрезок металлической линейки). На задней стенке корпуса находится разъем *Ш1* для подключения головных телефонов, внешнего искателя, источника постоянного тока для зарядки аккумуляторной батареи, приборов для налаживания и контроля за работой дефектоскопа, а также автоматизированных и полуавтоматизированных установок при работе дефектоскопа в комплексе с ними. На верхней стенке — резистор *R35* с диском-шкалой настройки «зоны контроля» и индикаторы-светодиоды *Д5* («*Д*») и *Д13* («*П*»), на боковой стенке — кнопки *Кн1 Оценка* и *Кн2 Поиск*.

Контурная катушка *L1* генератора радиоимпульсов намотана проводом ПЭЛШО 0,35 на цилиндрической оправке диаметром 5 мм. Она содержит 40 витков, отвод сделан от 8-го витка, считая от общего заземленного проводника цепи питания.

Трансформатор *Тр1* преобразователя напряжения источника питания намотан на кольцевом магнитопроводе из феррита марки М1500НМ типоразмера К16×8×6. Обмотка *I* содержит 14 витков провода ПЭВ-1 0,6, обмотка *II* — 13 витков провода ПЭВ-1, обмотки *III* и *IV* — по 350 витков провода ПЭВ-1 0,08.

Резистор *R35* — подстроечный СП5-3, переделанный в переменный. Его верхняя часть спилена напильником, регулировочный винт удален, а на ползунок приклеен эпоксидным клеем диск со шкалой, по которой определяют расстояние до дефекта. Конденсаторы *С22* и *С26* прибора должны быть с малым ТКЕ.

Налаживание. Закончив монтаж и сверив его с принципиальной схемой, проверяют наличие напряжений в цепях питания прибора. Устойчивой генерации в преобразователе напряжения блока питания добиваются подбором резистора *R39*. Частоту повторения радиоимпульсов в пределах 120—150 имп/с устанавливают подбором резистора *R2*, а их амплитуду 70—80 В — подбором динистора *Д1*.

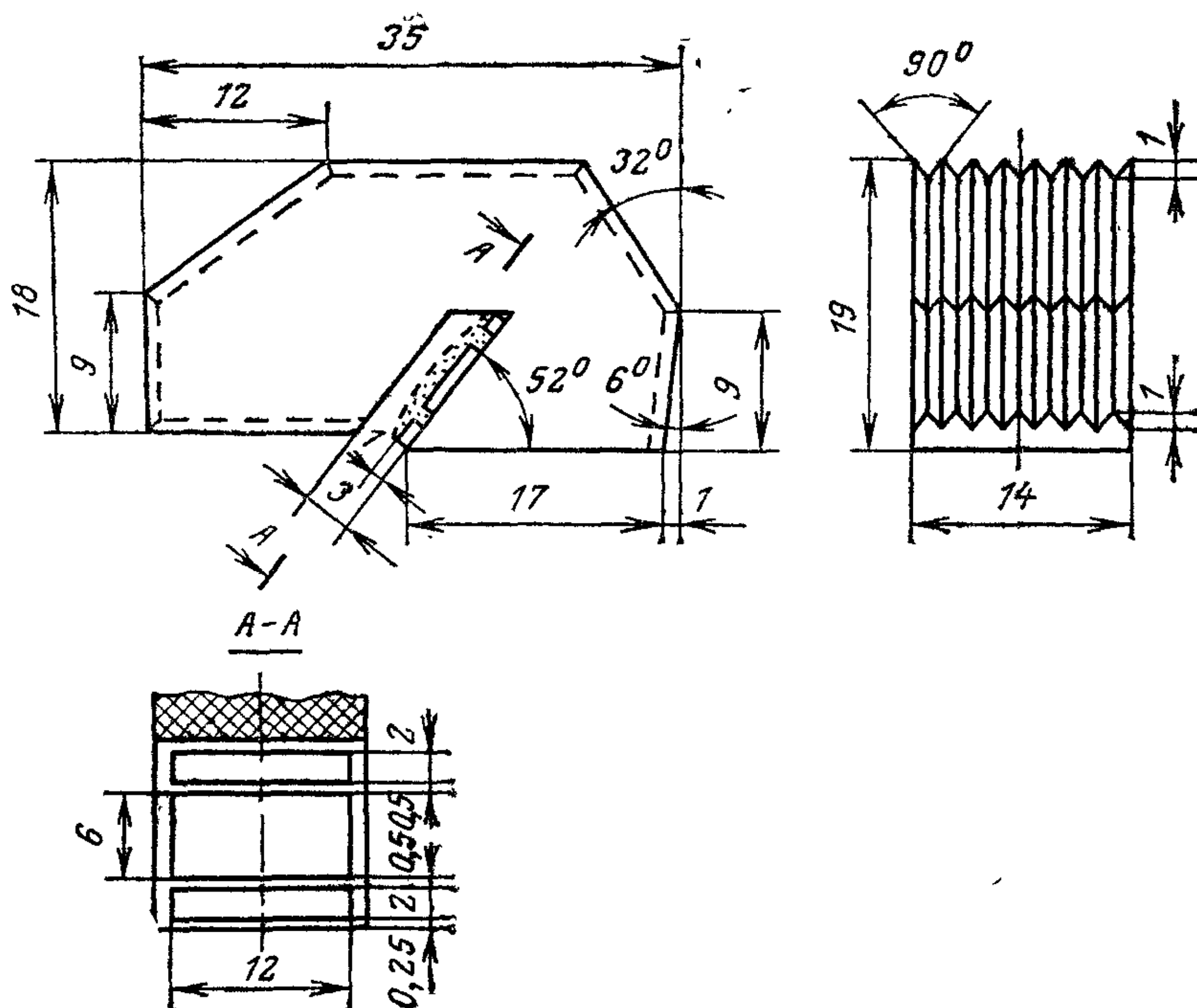


Рис. 1.15

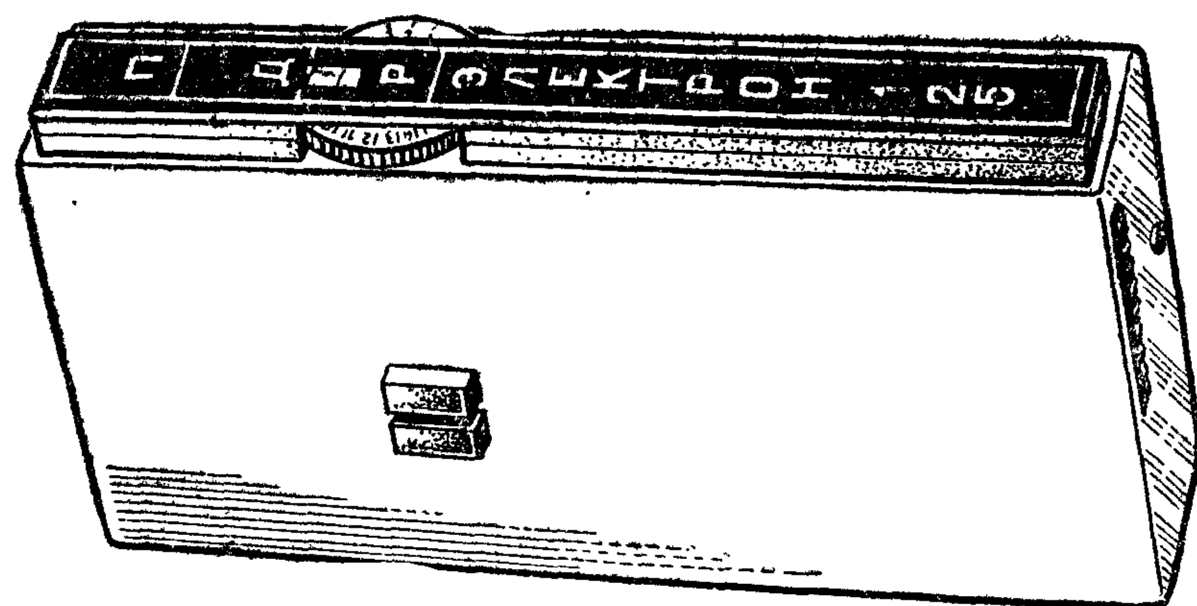


Рис. 1.16

Пределы изменения длительности импульсов ждущего мультивибратора задержки (10—25 мкс) и «зоны контроля» (7—45 мкс) при перемещении движков резисторов *R30* и *R35* из одного крайнего до другого крайнего положений устанавливают подбором конденсаторов *C22* и *C26*.

После этого дефектоскоп проверяют в работе. Положив его на образец из стали или органического стекла с дефектом в виде отверстия диаметром 2,5—3 мм и глубиной 10—50 мм, просверленного препендикулярно оси ультразвукового пучка, проверяют в контрольной точке *КТ1* (на разъеме *Ш1*) наличие отраженного от дефекта импульса. Амплитуду отраженного импульса 1,8—2 В устанавливают поочередно подстроечными резисторами *R43* и *R12*. Движок резистора *R4* устанавливают в такое положение, при котором амплитуды отраженных сигналов от одинаковых дефектов (отверстий) на разной глубине 7—50 мм не отличались более чем на 20%.

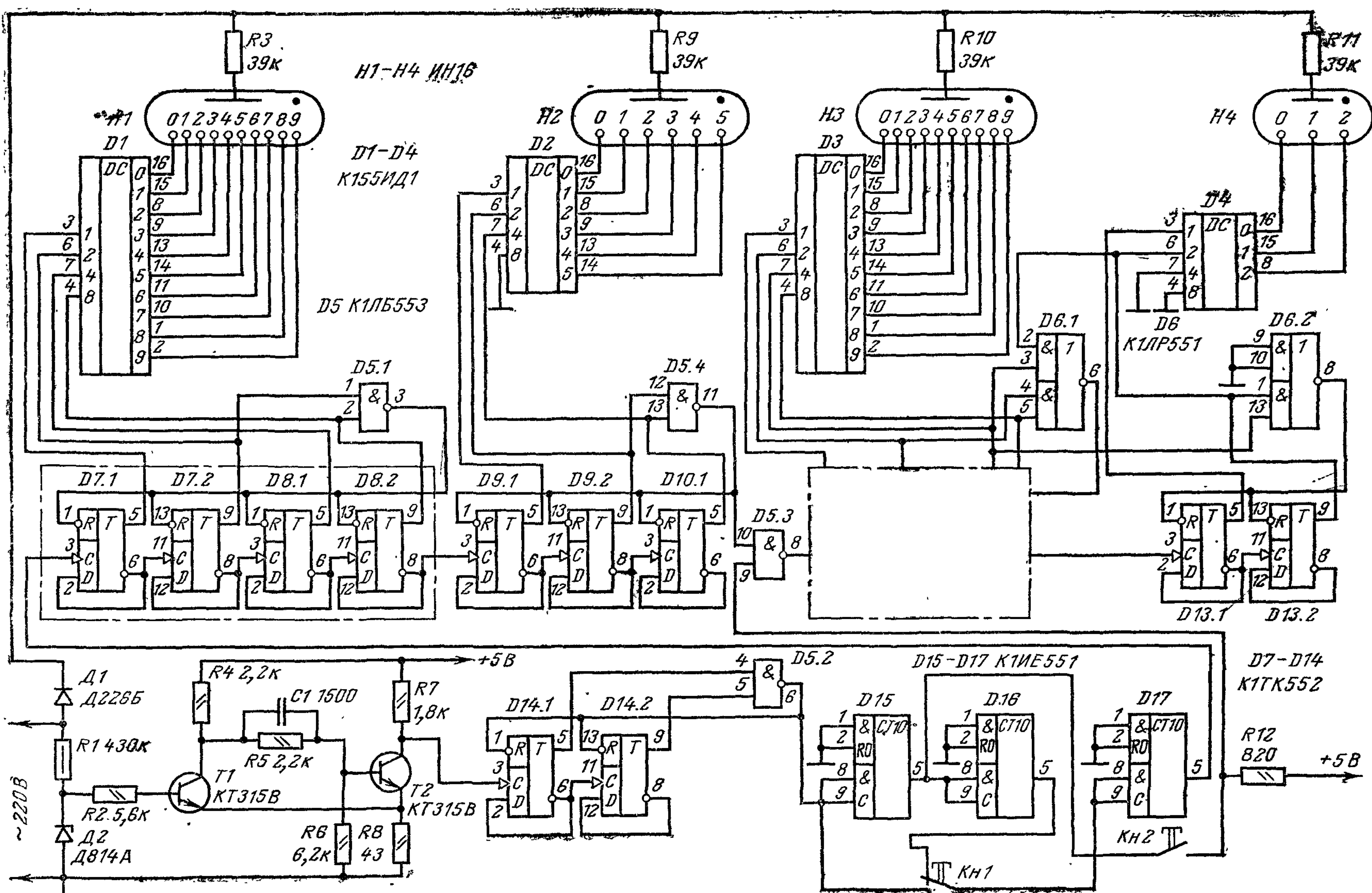
Перед работой с дефектоскопом смазывают поверхность около шва контактирующей жидкостью — водой, маслом или глицерином. Затем диск «*Р*» резистора *R35* устанавливают на максимальное расстояние и, нажав кнопку *Кн2* (режим *Поиск*), перемещают дефектоскоп вдоль шва. Появление звукового сигнала в телефонах свидетельствует о наличии дефекта в «зоне контроля». Для определения местоположения дефекта нажимают одновременно на кнопки *Кн1 (Оценка)*, *Кн2* и, перемещая дефектоскоп вдоль шва, находят положения, при которых световой индикатор *Д5* (*«Д»*) гаснет. Дефектоскоп устанавливают посередине между найденными положениями, вращают диск «*Р*» резистора *R35* и по его шкале в момент, когда светодиод *Д5* гаснет, определяют глубину залегания дефекта.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ

Цифровая техника находит все большее и большее применение в радиолюбительских конструкциях. Многие радиолюбители начинают свое знакомство с этой техникой с электронных цифровых часов. Сравнительно несложные часы такого типа разработали харьковские радиолюбители Д. Михнов и З. Ивановская. Они индицируют часы и минуты. Часы питаются от сети переменного тока, потребляемая мощность около 6 Вт.

Принципиальная схема часов приведена на рис. 1.17. В качестве опорного сигнала используется напряжение сети с частотой 50 Гц. Из синусоидального напряжения сети формируются прямоугольные тактовые импульсы. Формирователь состоит из ограничителя на стабилитроне *Д2* и триггера Шмидта на транзисторах *Т1* и *Т2*. Импульсы с выхода триггера поступают на вход делителя частоты, выполненного на интегральных микросхемах *D14—D17* и элементе *D5.2*. Узел на элементах *D14.1*, *D14.2* и *D5.2* обеспечивает деление частоты на 3. Дальнейшее деление частоты осуществляется десятичными счетчиками *D15 — D17*. Общий коэффициент деления узла 3000, и следовательно, на его выходе формируются импульсы с периодом следования 1 мин. Они поступают на вход счетчика единиц минут с коэффициентом пересчета 10, выполненного на микросхемах *D7*, *D8* и элементе *D5.1*. С выхода этого счетчика импульсы (их период следования 10 мин) поступают на счетчик десятков минут. Он собран на интегральных микросхемах *D9*, *D10* и элементе *D5.4*. Коэффициент пересчета этого узла — 6. Счетчик единиц часов (интегральные микросхемы *D11*, *D12* и элемент *D6.1*) аналогичен счетчику единиц минут, поэтому его схема на рис. 1.17 не приведена. Счетчик десятков часов выполнен на интегральной микросхеме *D13* и элементе *D6.2*. Два последних счетчика устанавливаются в нулевое состояние эле-

Рис. 1.17



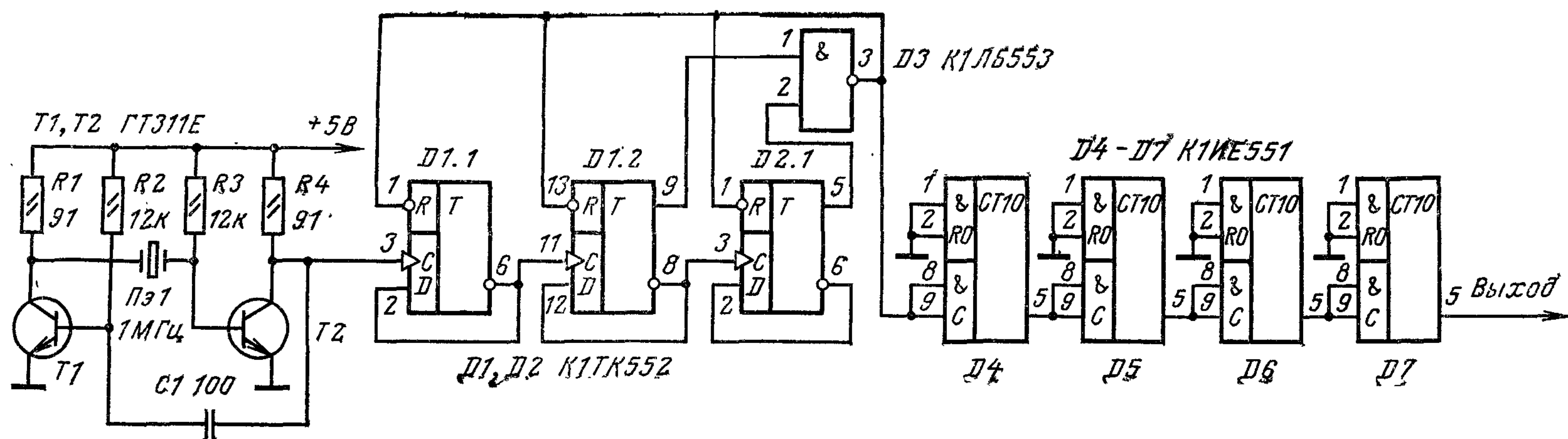


Рис. 1.18

ментами микросхемы *D6* при достижении этими счетчиками состояния, соответствующего 24 ч.

Преобразование двоичного кода счетчиков в десятичный, необходимый для работы индикаторов ИН-16, и управление индикаторами осуществляют дешифраторы *D1 — D4*.

Для установки времени и его корректировки в процессе эксплуатации часов предусмотрены две кнопки *Кн1* и *Кн2*. При нажатии кнопки *Кн1* на вход счетчика единиц минут поступают импульсы с частотой повторения 5/3 Гц. Кнопку удерживают в нажатом состоянии до тех пор, пока на индикаторах счетчиков минут не установится требуемое время. Кнопка *Кн2* служит для установки счетчиков часов. Когда она нажата, на счетчик часов через элемент *D5.3* поступают импульсы с частотой повторения 5/3 Гц.

Для питания устройства может быть использован любой выпрямитель, обеспечивающий напряжение +5 В (со стабильностью не хуже ±5%) и ток до 0,3 А.

Частота сети в отдельные моменты времени может отличаться от 50 Гц, поэтому получить высокую точность хода часов на протяжении длительного времени, используя сеть в качестве источника опорного сигнала, невозможно. Если необходимо иметь достаточно высокую точность счета времени, то опорный сигнал следует взять от кварцевого генератора с делителем частоты. Схема одного из возможных вариантов такого генератора приведена на рис. 1.18. Собственно кварцевый генератор выполнен по схеме мультивибратора, в котором один из конденсаторов заменен кварцевым резонатором. На интегральных микросхемах *D1, D2* и элементе *D3* выполнен делитель на 6. С учетом коэффициента деления интегральных микросхем *D4 — D7* устройство обеспечивает деление частоты кварцевого генератора на $6 \cdot 10^4$. Импульсы с выхода этого делителя следует подавать на вход с интегральной микросхемы *D15* (см. рис. 1.17).

РЕЛЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОТОЛАБОРАТОРИИ

Из всего разнообразия приборов-автоматов, изготовляемых радиолюбителями для фотолабораторий, наиболее многочисленны электронные реле выдержки времени. Ниже описывается пять вариантов, разных по сложности.

Реле с одинаковым коэффициентом приращения выдержки времени. Как показывает опыт, при фотопечати хорошо пользоваться прибором, отсчитывающим выдержки, отличающиеся по времени в одинаковое число раз. Он позволяет значительно упростить процесс подбора фотобумаги, определения оптимальной выдержки и корректировку света при различной степени увеличения.

Принципиальная схема такого реле, разработанного Г. Веховым (Москва), приведена на рис. 1.19. Прибор позволяет устанавливать 21 выдержку (21 «номер света») от 1 до 100 с. Коэффициент приращения выдержек равен $\sqrt[3]{2}$. Это значит, что каждая последующая выдержка больше предыдущей в среднем в 1,26 раза и на каждом третьем «номере света» она увеличивается в 2 раза. Такая световая шкала реле позволяет с большой точностью определять выдержку при фотопечати с негативов различной плотности и контрастности.

Реле времени представляет собой зарядно-разрядное устройство, собранное на тиратроне *Л1* (МТХ-90) и электромагнитном реле *Р1*. Установку *Номер света* производят переключателем *В1*. К разъему *Ш1* подключают лампу фонаря лаборатории (*ЛФ*), к разъему *Ш2* — лампу увеличителя (*ЛУ*). Питание зарядно-разрядного устройства осуществляется от сети переменного тока через однополупериодный выпрямитель на диоде *Д1* со стабилизатором напряжения на стабилитроне *Л2*.

Пуск автомата осуществляется кратковременным нажатием кнопки *Кн1*. При этом срабатывает электромагнитное реле *Р1*, его контакты *Р1.2* включают лампу фотоувеличителя, а контакты *Р1.1* блокируют пусковую кнопку. В это время подается питающее напряжение на анод тиратрона и заряжается конденсатор *С1* через резистор *R3* и, в зависимости от положения контактов переключателя *В1*, резисторы *R6 — R25* времязадающей цепи. При достижении определенного напряжения на этом конденсаторе тиратрон зажигается и своим сопротивлением шунтирует обмотку реле *Р1*. Реле отпускает, а его контакты *Р1.1* и *Р1.2* переключаются в исходное положение. Теперь лампа фотоувеличителя выключается, а конденсатор *С1* быстро разряжается через резистор *R5*. Чтобы снова включить лампу, нажимают кнопку *Кн1*.

Подбором резистора *R3* подгоняют по секундомеру первый «номер света», соответствующий выдержке в 1 с.

Переключатель *В2* служит для включения лампы фотоувеличителя при выборе кадра и наведения на резкость проецируемого негативного изображения. При этом лампа фонаря, соединенная последовательно с увеличителем, гаснет и вновь зажигается при выключении лампы фотоувеличителя.

Электромагнитное реле, используемое в автомате, МКУ-48-Т (паспорт РА4.501.072П3). Мощность лампы фонаря должна быть в 3—5 раз меньше мощности лампы фотоувеличителя.

Реле со звуковой индикацией. Радиолюбитель В. Пролыгин из г. Золотоноша Черкасской области пользуется таким реле времени при обработке цветных фотографий.

Принципиальная схема разработанного им автомата показана на рис. 1.20. Устройство вырабатывает звуковые сигналы продолжительностью 7—8 с, чередующиеся

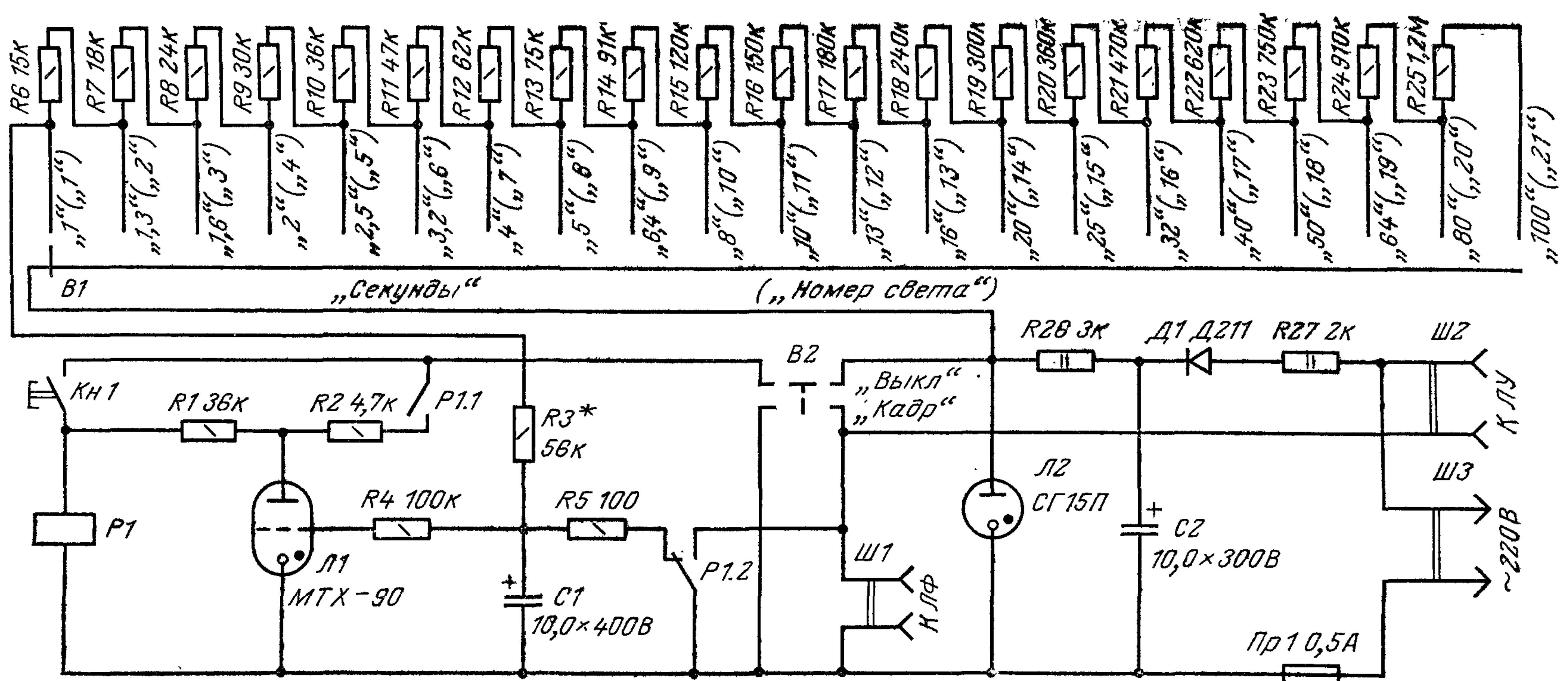


Рис. 1.19

через равные промежутки времени, кратные 1. Интервалы между звуковыми сигналами, равные 1, 2, 3, 4 и 5 мин, устанавливают переключателем *В2*. Точность отсчета не хуже ±5 с.

В тех случаях, когда надо отсчитывать интервал времени, больший 5 мин, но не кратный ему, интервалы суммируют. Например, нужен интервал 8 мин. В таком случае переключатель *В2* устанавливают в положение 5 мин и начинают отсчет времени по звуковому сигналу. Затем, по истечении 5 мин, во время звукового сигнала переключатель переводят в положение 3 мин. Конец следующего сигнала будет соответствовать интервалу времени 8 мин.

Кнопкой *Кн1*, служащей для ускоренной разрядки конденсатора *С3* времязадающей цепи, можно в любой момент прервать отсчет времени и, отпустив ее, начать новый. Ее держат нажатой в течение 1—7 с — до появления звукового сигнала. Задержка отпускания после сигнала на 1—3 с дополнительно увеличивает погрешность отсчета времени до 3 с.

Часть автомата, отсчитывающая интервалы и подающая звуковые сигналы, состоит из несимметричного мультивибратора на транзисторах *Т3*, *Т4* и генератора колебаний звуковой частоты на транзисторе *Т6*. Транзистор *Т5*, включенный эмиттерным повторителем, устраияет влияние звукового генератора на работу муль-

Рис. 1.20

тивибратора. Продолжительность звуковых сигналов определяется параметрами цепи *C4R5*, а интервалов между ними — времязадающей цепью *C3R6—R10*.

Звуковой генератор собран по схеме блокинг-генератора. Излучателем звуковых сигналов служит телефонный капсюль ДЭМШ-1. В то время, когда транзистор *T4* мультивибратора закрывается, а транзистор *T5* открывается, с резистора *R13* на базу транзистора *T6* подается отрицательное напряжение смещения, вводящее его в насыщение. В это время каскад не генерирует. При открывании транзистора *T4* (и одновременном закрывании транзистора *T5*) отрицательное напряжение на базе транзистора *T6* уменьшается, он выходит из насыщения и возникает генерация колебаний звуковой частоты (800—10000 Гц). Для улучшения тембровой «окраски» звука в цепь базы транзистора блокинг-генератора подается через резистор *R16* переменное напряжение с понижающей обмотки трансформатора питания *Тр2*.

Реле времени, необходимое для автоматического отсчета выдержек, собрано на составном транзисторе *T7T8*. Сразу же после включения питания на его базу через резисторы *R18—R20* подается отрицательное напряжение смещения, транзистор открывается и электромагнитное реле *P1*, включенное в коллекторную цепь, срабатывает. Контактами *P1.1* оно разрывает цепь питания лампы увеличителя, а контактами *P1.2* разблокировывает пусковую кнопку *Кн2*. При этом быстро заряжается конденсатор *C6* через эмиттерный переход составного транзистора и резисторы *R18, R17*.

При нажатии пусковой кнопки *Кн2* заряженный конденсатор оказывается подключенным к эмиттерному переходу составного транзистора в закрывающей его полярности. Закрываясь сам, транзистор обесточивает обмотку реле *P1* и оно отпускает. В этот момент контакты *P1.1* реле, замыкаясь, включают лампу фотоувеличителя, а контакты *P1.2* блокируют пусковую кнопку. Как только конденсатор разрядится, на базе составного транзистора восстановится открывающее его отрицательное напряжение смещения, сработает электромагнитное реле и контактами *P1.1* отключит лампу фотоувеличителя.

Благодаря большому входному сопротивлению и статическому коэффициенту передачи тока составного транзистора диапазон выдержек времени может быть от 1 до 150—180 с. Нужную выдержку устанавливают по отградуированной шкале переменного резистора *R20* времязадающей разрядной цепи.

Автомат питается от сети переменного тока через понижающий трансформатор *Тр1* и двухполупериодный выпрямитель на диодах *Д1 — Д4*, включенных по мостовой схеме. На мультивибратор и звуковой генератор питание подается через дополнительный стабилизатор напряжения, в котором работают транзисторы *T1, T2* и стабилитрон *Д5*.

Роль трансформатора питания *Тр1* может выполнять накальный трансформатор от телевизора «Рекорд», если перемотать его вторичную обмотку. Новая вторичная обмотка содержит 145—155 витков провода ПЭВ-1 0,41. Напряжение на ней должно быть около 25 В. Трансформатор *Тр2* блокинг-генератора намотан на магнитопроводе Ш4×6. Обмотка *I* содержит 650 витков провода ПЭЛ 0,08, обмотка *II* — 400 витков такого же провода, обмотка *III* — 300 витков провода ПЭВ-1 0,17.

Электромагнитное реле *P1* — РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или другое с обмоткой сопротивлением около 1000 Ом, срабатывающее при токе до 20 мА.

Транзистор *T7* составного транзистора реле времени должен быть с током $I_{КБ0}$ не более 2 мкА и, желательно, малошумящим. Переменный резистор *R20* лучше применить группы группы Б. Его шкалу градуируют по секундомеру.

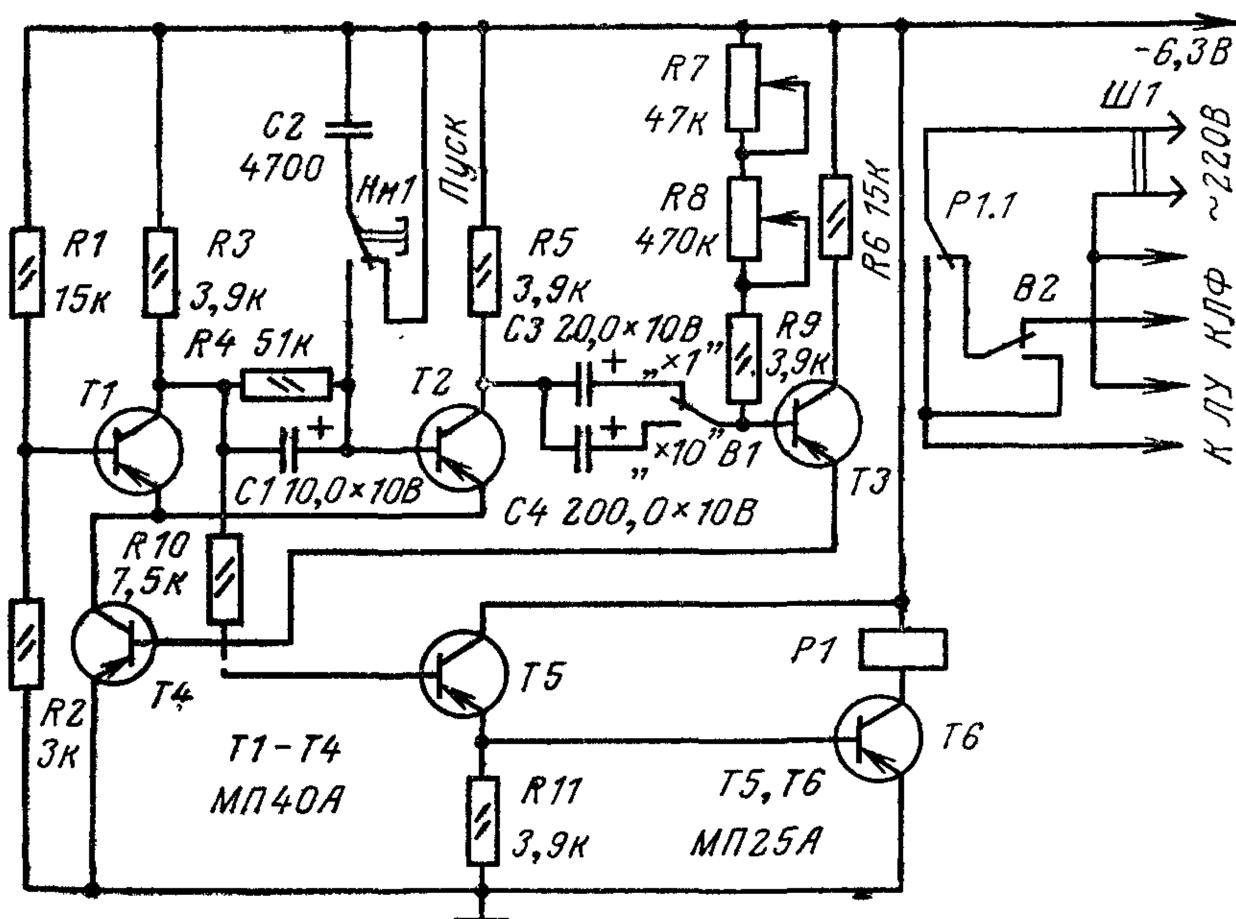


Рис. 1.21

Реле на фантастронном генераторе. Этот вариант реле времени, разработанный Ю. Солониковым из г. Шостка Сумской области, обеспечивает весьма стабильные выдержки от 0,1 до 135 с. Шкала выдержек линейная.

Автомат (рис. 1.21), питающийся от источника постоянного тока напряжением 6,3 В, состоит из фантастронного генератора (класс релаксационных генераторов с линейной разрядкой конденсаторов) на транзисторах *T1 — T4*, работающего в ждущем режиме, эмиттерного повторителя *T5* и ключевого каскада на транзисторе *T6*.

В момент включения питания транзисторы *T1, T3* и *T4* открываются, транзисторы *T2, T5* и *T6* закрываются, а конденсатор *C3* или *C4* (в зависимости от положения контактов переключателя *B1*) заряжается. Это исходное состояние устройства. При кратковременном нажатии пусковой кнопки *Кн1* напряжение зарядки конденсатора откроет транзистор *T2* и заряженный конденсатор *C3* (или *C4*) начнет разряжаться. В результате на коллекторе транзистора *T1* формируется прямоугольный импульс отрицательной полярности, который через эмиттерный повторитель поступает на базу транзистора *T6* ключевого каскада и открывает его. При этом срабатывает электромагнитное реле *P1* и своими контактами *P1.1* включает лампу увеличителя. Как только конденсатор разрядится, устройство переключится в исходное состояние, электромагнитное реле отпустит и его контакты разорвут цепь питания лампы увеличителя.

Продолжительность выдержки определяется параметрами резисторов *R7—R9* и конденсаторов *C3, C4* времязадающей разрядной цепи. Когда переключатель *B1* установлен в положение «×*1*», резистором *R7* при минимальном сопротивлении резистора *R8* можно изменять время выдержки от 0,1 до 1,35 с, а резистором *R8* при минимальном сопротивлении резистора *R7* — от 1,35 до 13,5 с. При установке переключателя *B1* в положение «×*10*» время выдержек увеличивается соответственно в 10 раз.

Электромагнитное реле *P1* — РКН (паспорт РС4.500.282П2), группы переключающих контактов которого соединяют параллельно.

Реле на полевом транзисторе. Используя огромное входное сопротивление полевого транзистора, москвичи С. Батраков и Ю. Митронов сконструировали реле времени, позволяющее получить диапазон выдержек от 1 до 999 с (16 мин 39 с) с шагом дискретности 1 с. Такое реле может оказаться полезным не только для отсчета времени экспонирования фотобумаги при фото-

Рис. 1.22

печати, но и для многих других видов фоторабот, например при проявлении пленки, при обработке цветных фотоматериалов.

Прибор-автомат (рис. 1.22) состоит из разрядного каскада на полевом транзисторе *Т2*, триггера на транзисторах *Т3* и *Т4* и двух стабилизированных источников постоянных напряжений. Источник со стабилизатором напряжения на стабилитронах *Д8, Д9* и транзисторе *Т1* служит для питания всего прибора. Источник же на стабилитронах *Д2* и *Д3* предназначен только для зарядки конденсатора *С3* времязадающей цепи, образуемой этим конденсатором и резисторами *R3 — R29*. От стабильности напряжения этого источника питания зависит точность выдержки, устанавливаемой переключателями *В1 — В3*.

В исходном состоянии транзистор *Т4* триггера закрыт и обмотка электромагнитного реле в его коллекторной цепи обесточена, транзисторы *Т2* и *Т3* открыты, конденсатор *С3* через нормально замкнутые контакты *Р1.1* реле *Р1* подключен к источнику напряжения. При нажатии на пусковую кнопку *Кн1* транзистор *Т4* триггера открывается, реле *Р1* срабатывает, его контакты *Р1.1* подключают заряженный конденсатор *С3* к затвору транзистора *Т2*, который закрывается, а контакты *Р1.2* подключают к сети лампу фотоувеличителя. Транзистор *Т3* тоже закрывается, так как напряжение на резисторе *R31*, поддерживающее его в открытом состоянии, становится близким к нулю. По мере разрядки конденсатора *С3* через резисторы времязадающей цепи напряжение на базе полевого транзистора *Т2* повышается до напряжения отсечки, при котором он открывается. Напряжение на резисторе *R31* и, следовательно, на базе транзистора *Т3* увеличивается. В результате триггер переключается в исходное состояние, электромагнитное реле *Р1* отпускает и контактами *Р1.2* обесточивают лампу фотоувеличителя.

Установка длительности выдержек трехступенчатая, с помощью переключателей *В1 — В3*. Подгонкой резисторов *R3—R11* устанавливают длительности выдержек, соответствующие единицам секунд, резисторов *R12 — R20* — соответствующие десяткам секунд, а подгонкой резисторов *R21 — R29* — соответствующие сотням секунд.

Неоновые лампы *Л1* и *Л2* — индикаторы подключения к сети автомата и лампы фонаря лаборатории. Электромагнитное реле, используемое в приборе, типа РЭН-18 (сопротивление обмотки 400—500 Ом), надежно срабатывающее при напряжении 24 В. Трансформатор питания *Тр1* намотан на магнитопроводе Ш12×25. Обмотка *I* — 3300 витков провода ПЭВ-2 0,12, обмотки *II* и *III* — по 290 витков провода ПЭВ-2 0,22.

Реле на счетном декатроне. В практике фоторабот нередки случаи, когда устанавливать выдержки и следить за ходом времени приходится в темноте. В таких случаях удобно пользоваться реле времени со счетным декатроном, свечение катодов которого отчетливо видно за зеленым светофильтром, применяемым при обработке цветной фотобумаги.

Принципиальная схема такого реле времени, разработанного горьковчанином А. Большаковым, показана на рис. 1.23. Используемый в нем декатрон А101 *(Л2)* обеспечивает не только индикацию установки и хода времени, но и автоматический возврат в состояние, при котором он вновь высвечивает индекс произведенной выдержки. Продолжительность выдержки определяется номиналами конденсатора *С1*, резистора *R1* и положением подвижного контакта переключателя *В1*. При указанных на схеме параметрах этих деталей времязадающей цепи максимальная продолжительность выдержки равна 45 с. Питание автомата осуществляется от внешнего источника постоянного тока напряжением 320 В.

Необходимую выдержку устанавливают переключателем *В1*, соединяя соответствующий катод декатрона с общим проводом через резистор *R22* или изменяя сопротивление резистора *R1*. При этом все остальные катоды декатрона не светятся, так как диоды *Д3 — Д12* закрыты напряжением (около 90 В), поступающим с резистора *R6* делителя *R2 — R6*. При нажатии на кнопку *Кн1* заряженный конденсатор *С8* быстро разряжается через обмотку электромагнитного реле *Р1*. Срабатывая, реле контактами *Р1.1* замыкает накоротко резистор *R6*, подготовляя тем самым автомат к счету импульсов, контактами *Р1.2* самоблокируется, а контактами *Р1.3* включает лампу увеличителя.

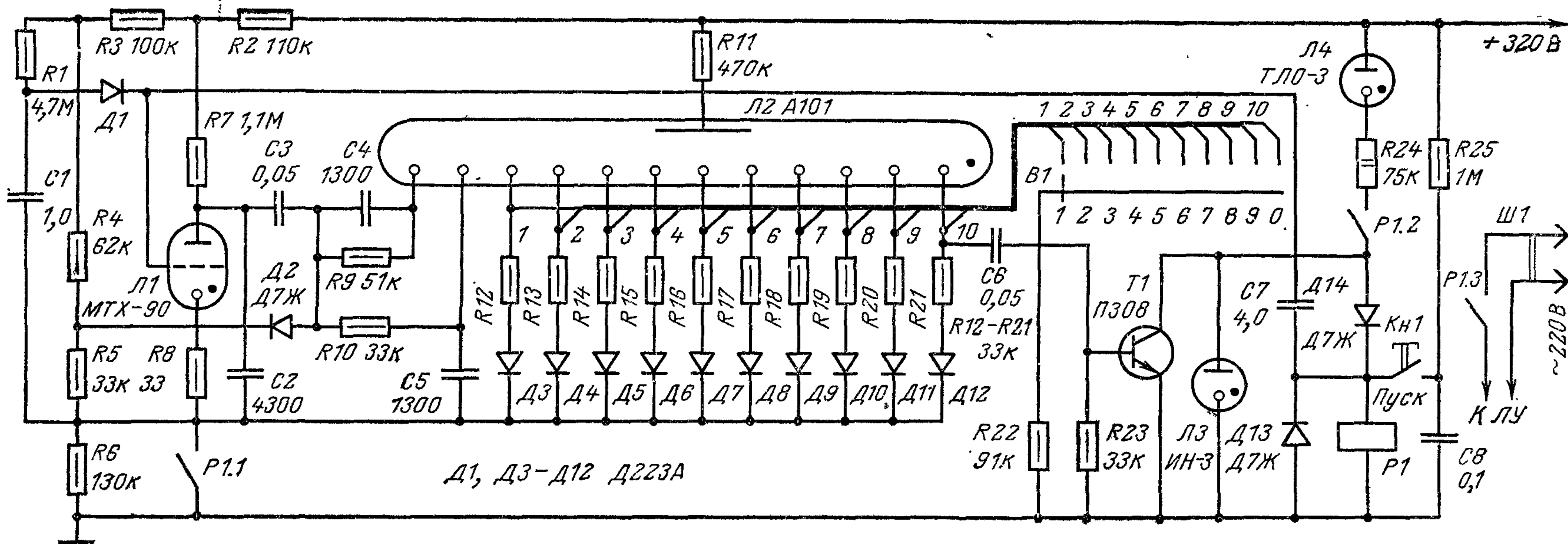


Рис. 1.23

Роль датчика импульсов выполняет тиратрон МТХ-90 (*Л1*), включенный по схеме релаксационного генератора. Подбором резисторов делителя *R2* — *R6* установлен такой режим работы тиратрона, при котором до замыкания контактов *Р1.1* датчик не работает. После замыкания этих контактов реле конденсатор *С1* начинает заряжаться через резистор *R1* до напряжения зажигания тиратрона. При этом в его анодной цепи формируется импульс отрицательной полярности, который через конденсатор *С3*, ячейки *R9C4* и *R10C5* воздействует на подкатоды декатрона.

Декатрон находится в режиме счета до тех пор, пока разряд индикаторного катода не будет перенесен на нулевой катод. Импульс положительной полярности, образующийся в цепи нулевого катода, через конденсатор *С6* поступает на базу транзистора *Т1*. Открываясь, транзистор малым сопротивлением шунтирует обмотку электромагнитного реле *Р1*, которое отпускает и размыкающимися контактами возвращает автомат в исходное состояние.

Для повышения стабильности повторения выдержек времени в датчике импульсов предусмотрен предварительный разряд конденсатора *С1*. Для этого в момент нажатия пусковой кнопки *Кн1* на сетку тиратрона *Л1* через конденсатор *С7* подается положительный импульс, который поджигает тиратрон и тем самым обеспечивает разрядку конденсатора времязадающей цепи. Лампа *Л3*, подключенная параллельно участку коллектор — эмиттер транзистора *Т1*, ограничивает напряжение на этом транзисторе в момент срабатывания реле *Р1*.

Электромагнитное реле, используемое в этом автомате, может быть РЭН-18 или РЭН-18-Т с любым паспортом, имеющее три нормально разомкнутые группы контактов. Ток срабатывания реле может быть 6—10 мА, ток отпускания 1—2 мА.

СЕНСОРНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ В ДОМЕ

Электронные устройства управления (сенсоры) сегодня уже не новинка. В новых моделях телевизоров они используются для переключения телевизионных программ, в радиовещательных приемниках — для переключения диапазонов. Сенсорные выключатели могут найти применение и для управления электробытовыми приборами и устройствами.

Тринисторный выключатель с сенсорным управлением, созданный горьковчанином В. Большаковым, предназначен для дистанционного управления электробытовыми приборами мощностью до 600 Вт — телевизором, приемником, электроутюгом, пылесосом и т. д. Выполнен он в виде приставки, подключаемой к сети переменного тока. Спереди две металлические пластинки — сенсоры, сзади двухгнездная колодка для подключения управляемой нагрузкой.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1.24. Тиратроны с холодным катодом *Л1* и *Л2* образуют два релаксационных генератора, работающие в ждущем режиме. Тринистор *Д3* и транзистор *Т1* выполняют роль маломощных электронных ключей, управляющих работой тринистора *Д4*, подключающего нагрузку к сети (через диодный мост *Д5* — *Д8*). Неоновые лампы *Л3* и *Л4* — индикаторы подключения переключателя к сети и включения нагрузки. Диоды *Д1* и *Д2* — однополупериодные выпрямители, питающие элементы переключателя.

Исходное состояние его элементов при подключении к сети: конденсатор *С1* заряжается до напряжения в средней точке делителя, образуемого резисторами *R2* и *R4*; тиратроны не горят, тринисторы и транзисторы закрыты; нагрузка обесточена; горит только неоновая лампа *Л4*, сигнализируя о включении самого переключателя. Резисторы *R2* и *R4* делителя напряжения подобраны так, что тиратроны *Л1* и *Л2* подготовлены к зажиганию, но ни один из них не зажигается самопроизвольно.

Чтобы включить нагрузку, надо пальцем коснуться сенсора *К1*. При этом небольшая ЭДС, наведенная в теле человека электроосветительной сетью, окажется приложенной к управляющей сетке тиратрона. От этого тиратрон зажигается и начинает генерировать электрические колебания, частота которых определяется номиналами резистора *R2* и конденсатора *С1*. Уже при первом импульсе положительной полярности, появляющемся на

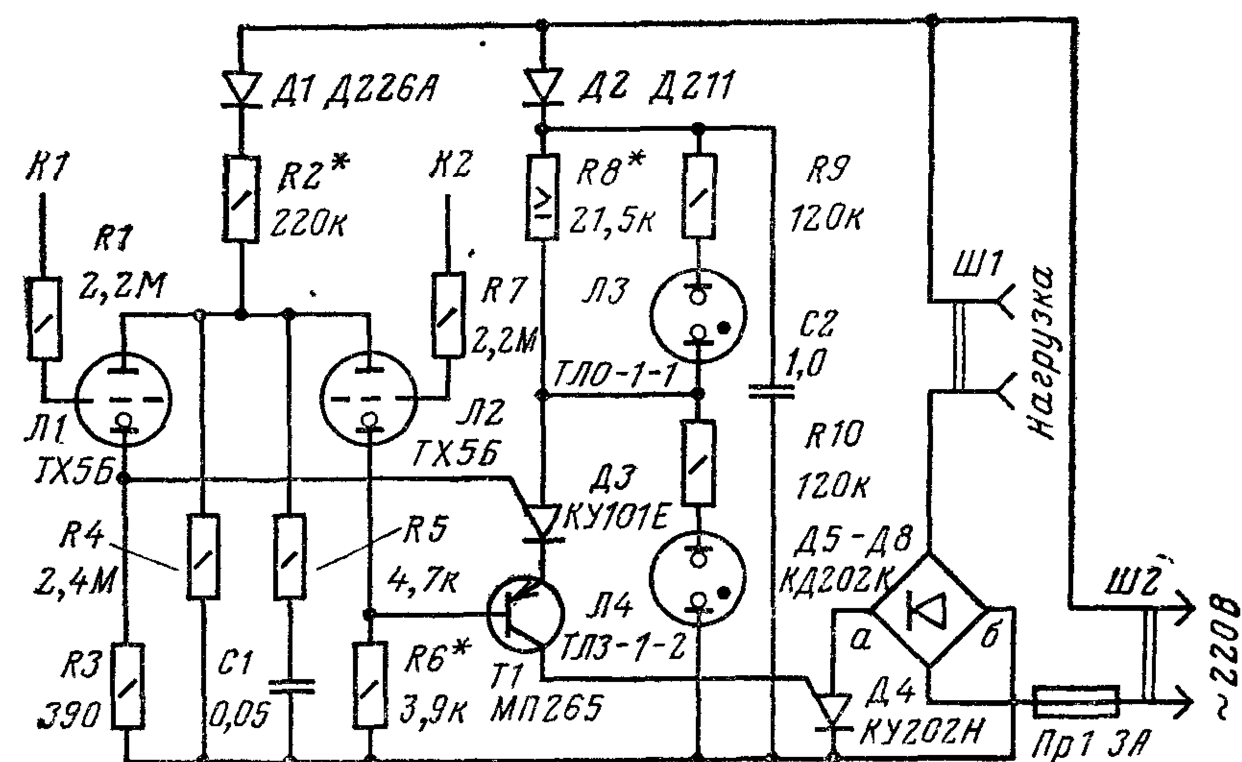


Рис. 1.24

резисторе *R3*, открываются тринистор *Д3*, транзистор *Т1* и остаются открытыми, пока каскад на тиратроне *Л1* генерирует. Открывается и тринистор *Д4*, так как теперь через его управляющий электрод течет ток транзистора. Открытый тринистор замыкает диагональ *а — б* диодного моста *Д5 — Д8* и тем самым подключает нагрузку к сети. Одновременно неоновая лампа *Л4*, зашунтированная открытыми тринистором *Д3* и транзистором *Т1*, гаснет, а лампа *Л3* зажигается, сигнализируя о включении нагрузки.

Чтобы нагрузку выключить, пальцем прикасаются к сенсорному контакту *К2*. При этом зажигается и начинает генерировать тиратрон *Л2*, а тиратрон *Л1* гаснет и переходит в ждущий режим. Теперь импульсы положительной полярности, возникающие на резисторе *R6*, закрывают транзистор *Т1* и одновременно тринисторы *Д3* и *Д4*. От этого диагональ *а — б* диодного моста оказывается разомкнутой, переменный ток перестает идти через него и нагрузка обесточивается.

Внешний вид конструкции выключателя показан на рис. 1.25. Тринистор *Д4*, диоды *Д5 — Д8*, предохранитель *Пр1* и двухгнездная колодка *Ш1* укреплены на пластине из алюминия толщиной 1,5 мм, согнутой наподобие перевернутой буквы П; остальные детали, кроме диодов *Д1* и *Д2*, смонтированы на плате из изоляционного материала. Диоды *Д1* и *Д2* находятся между платами. Резисторы типа МЛТ-0,25; резистор *R8* составлен из двух параллельно соединенных резисторов МЛТ-2 сопротивлением 43 кОм. Конденсатор *С1* — МБМ на номинальное напряжение 400 В.

Сигнальная неоновая лампа *Л3* оранжевого свечения, *Л4* зеленого. Напротив их баллонов в лицевой вертикальной стенке корпуса вырезаны отверстия, которые закрыты декоративными пластинками из органического стекла. Сенсоры — хромированные металлические пластинки, приклеенные к корпусу и соединенные с управляющими сетками соответствующих тиратронов. Если не окажется неоновых ламп ТЛ0-1-1 и ТЛ3-1-2, можно отказаться от сигнализации включения переключателя и нагрузки. В таком случае надо исключить и резисторы *R9* и *R10*.

Во время налаживания выключателя роль его нагрузки выполняет настольная лампа. Включив питание, касаются пальцем сенсора *К1*. Если лампа не загорается, следует поменять местами включение вилок провода питания устройства в розетку — с «нулем» сетевой проводки должна соединяться верхняя (по схеме) вилка разъема *Ш2*. Лампу гасят, касаясь сенсора *К2*. Наиболее четкой и устойчивой работы сенсорного устройства добиваются подбором резистора *R2*.

Затем, вновь включив лампу, вольтметром постоянного тока измеряют падение напряжения на участке эмиттер-коллектор транзистора *Т1*. Оно не должно быть более 0,6 В. В случае необходимости такое напряжение устанавливают подбором резистора *R6*. Максимально

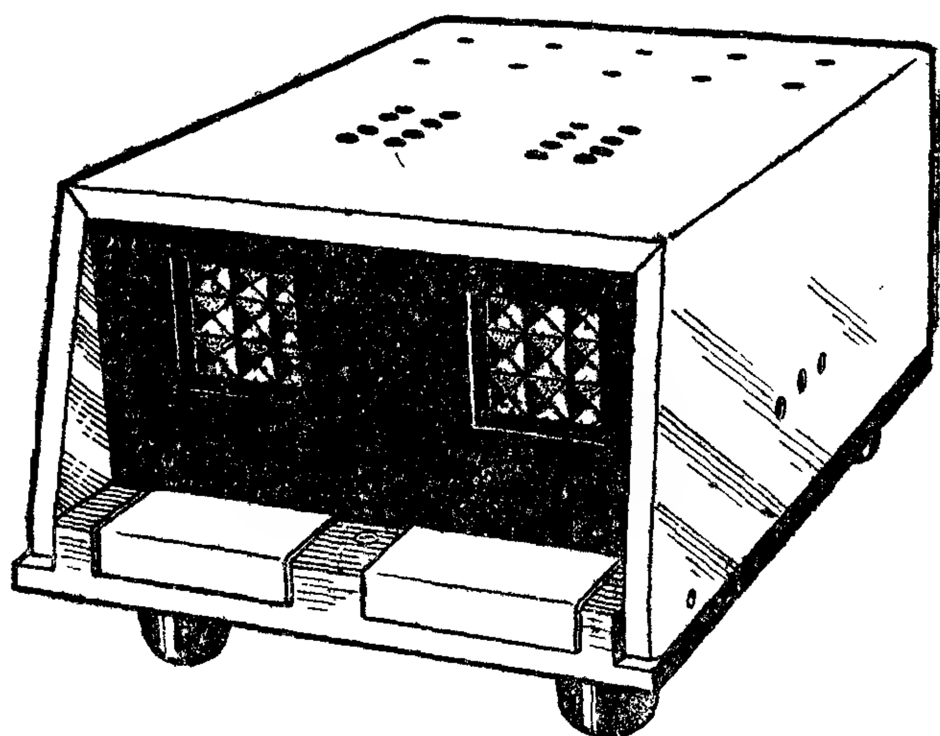


Рис. 1.25

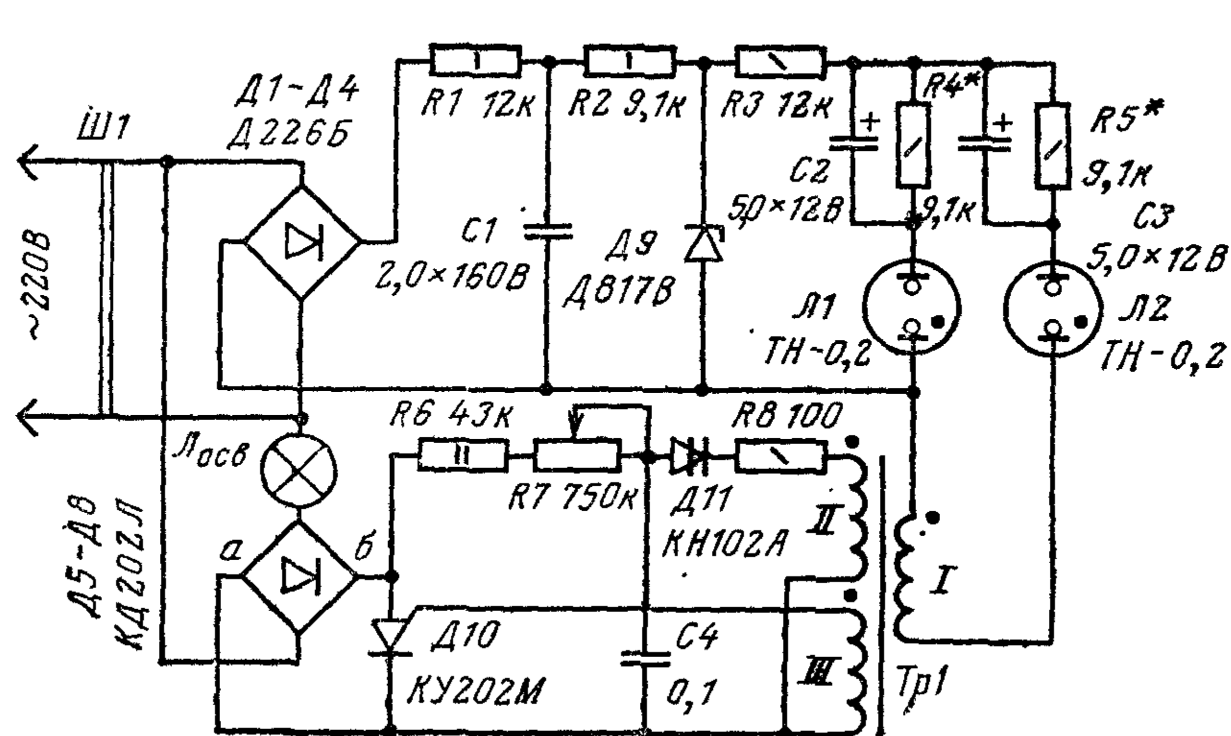


Рис. 1.26

возможного напряжения на нагрузке добиваются подбором резистора *R8* — по наибольшей яркости свечения лампы.

Новочеркасские радиолюбители А. Бондаренко и В. Мартынов разработали сенсорное устройство для включения и выключения лампы комнатного освещения, позволяющего также регулировать уровень освещенности. Характерная его особенность — использование в качестве сенсоров неоновых ламп, одновременно выполняющих роль индикаторов, что позволяет в темноте видеть выключатель.

Выключатель (рис. 1.26) состоит из двухполупериодного выпрямителя на диодах *Д1 — Д4* с фильтром и параметрическим стабилизатором напряжения; сенсорного управления на неоновых лампах *Л1*, *Л2*; цепи питания лампы освещения $Л_{осв}$, состоящей из диодного моста *Д5 — Д8*; блока управления тринистором *Д10*, связанным через трансформатор *Тр1* с узлом сенсорного управления.

Общеизвестно, что напряжение зажигания неоновых ламп всегда больше, чем напряжение горения, и, кроме того, для ламп одной серии может отличаться на несколько вольт. Именно эта особенность неоновых ламп и используется в работе узла сенсорного управления. Напряжение зажигания лампы *Л1* меньше, чем лампы *Л2*, поэтому при подключении переключателя к сети *Л1* зажигается первой. Но лампа освещения не горит: не замкнута диагональ *а — б* диодного моста *Д5 — Д8*. В это время напряжение на аноде лампы *Л2* недостаточно для ее зажигания, так как оно меньше напряжения горения лампы *Л1*.

Пока лампа-нагрузка не включена, диодный мост *Д5 — Д8* работает как двухполупериодный выпрямитель. С его выхода пульсирующее напряжение через резисторы *R6* и *R7* подается на конденсатор *С4*. Происходит зарядка этого конденсатора. При некотором напряжении на нем открывается динистор *Д11* и через него и резистор *R8* конденсатор разряжается на обмотку *II* трансформатора *Тр1*. Так происходит при каждом полупериоде напряжения сети, в результате чего через обмотку *II* трансформатора течет ток, пульсирующий с частотой 100 Гц. Но для трансформатора использован магнитопровод с прямоугольной петлей гистерезиса, через его обмотку *I* ток подмагничивания не течет, поскольку не горит лампа *Л1*. В обмотке *III* индуцируются импульсы небольшой, недостаточной для открывания тринистора *Д10*, амплитуды.

Освещение включают, кратковременно касаясь баллона лампы *Л2*. При этом между пальцем и катодом неоновой лампы возникает небольшая емкость, благодаря которой в этой цепи появляется небольшой ток, вызывающий в лампе газовый разряд. Зажигаясь, лампа *Л2* создает на резисторе *R3* импульс тока, настолько снижающий напряжение на аноде лампы *Л1*, что

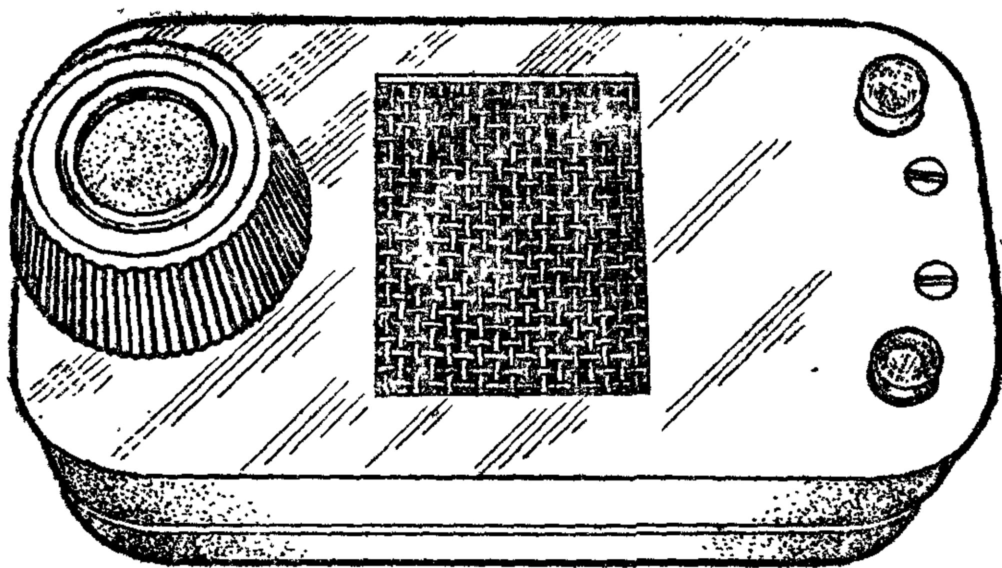


Рис. 1.27

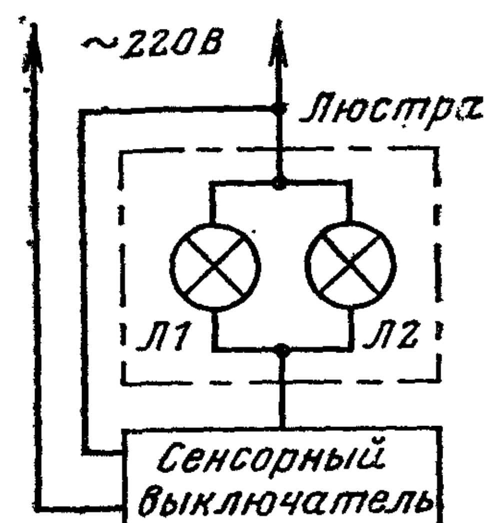


Рис. 1.28

она гаснет. Одновременно через обмотку *I* начинает протекать ток подмагничивания, в обмотке *III* индуцируются импульсы сравнительно большой амплитуды, открывающие тринистор *Д10*. Открываясь, он малым своим сопротивлением шунтирует диагональ моста и включает лампу освещения. Чтобы выключить ее, надо коснуться пальцем баллона неоновой лампы *Л1*. Она зажжется, а лампа *Л2* погаснет. Прекратится ток подмагничивания в обмотке *I* трансформатора, тринистор закроется — устройство примет исходное состояние.

Переменным резистором *R7*, включенным реостатом, можно изменять время зарядки конденсатора *C4* до момента открывания динистора и, следовательно, устанавливать момент открывания тринистора от начала каждого полупериода питающей сети переменного тока. От момента открывания тринистора зависит средний ток, текущий через нагрузку, а значит, и яркость ее свечения. Таким образом, этим резистором можно в довольно широких пределах регулировать освещенность в комнате или на рабочем столе.

Внешний вид возможной конструкции такого переключающего устройства показан на рис. 1.27. Через отверстия в крышке корпуса выступают баллоны неоновых ламп, ось переменного резистора с ручкой, в середине крышки вентиляционное отверстие. Такой выключатель можно укрепить, например, на стене вместо электрического выключателя.

Монтаж деталей устройства произвольный. Конденсатор *C1* — К50-3Б; *C2* и *C3* — К50-12, *C4* — МБМ. Постоянные резисторы — МЛТ, переменный — СП-I или СП0-0,5. Тринистор (КУ202Л, КУ202М, КУ202Н) монтируют на радиаторе размером 25×25 мм из листового металла толщиной 2 мм.

Трансформатор *Тр1* наматывают на тороидальный магнитопровод с внутренним диаметром 10 мм, выполненный из восьми витков ленточного пермаллоя марки 79НМ толщиной 20 мкм. Обмотка *I* содержит 250 витков провода ПЭВ-2 0,17, обмотки *II* и *III* — по 70 витков такого же провода. Для трансформатора можно использовать другой магнитопровод, но обязательно с прямоугольной петлей гистерезиса. Число витков обмотки *I* такого трансформатора должно быть достаточным для насыщения магнитопровода при подмагничивающем токе 1 мА, соответствующем току неоновой лампы.

Налаживание начинают с подбора неоновых ламп по напряжению зажигания. Сделать это можно так. Удалить обе лампы, между резистором *R4* и минусовым проводом выпрямителя на диодах *Д1* — *Д4* включить (вместо лампы *Л1*) вольтметр постоянного тока и, подключив параллельно ему поочередно неоновые лампы, измерять падение напряжения на каждой из них. Таким способом отбирают две лампы, у которых это напряжение отличается на 1—2 В. Лампу с меньшим напряжением горения, имеющую, как правило, и меньшее напряжение зажигания, включают на место лампы *Л1*.

После этого, не включая пока лампы *Л2*, подбором резистора *R4* устанавливают ток лампы *Л1* равным 1 мА, а затем включают лампу *Л2* и устанавливают ее ток подбором резистора *R5* при временно отключенной лампе *Л1*.

Далее подключают лампу освещения и, поочередно касаясь баллонов неоновых ламп, проверяют действие сенсорного выключателя. Может случиться, что при зажигании лампы *Л2* тринистор не будет открываться и включать осветительную лампу. Вероятная причина этого — ошибочное включение выводов обмоток трансформатора. Надо проверить и правильно, в соответствии с обозначениями на схеме, включить их.

Если описанный сенсорный выключатель предназначается для люстры из двух групп ламп, зажигаемых двумя выключателями, сенсорный выключатель соединяют с лампами люстры по схеме, показанной на рис. 1.28. Электропроводка не изменяется, но группы ламп люстры соединяют параллельно.

ГЛАВА 2

ЗВУКОТЕХНИКА

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НА ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЕ

С внедрением интегральных микросхем схемы и конструкции многих радиолюбительских устройств значительно упростились. Наглядным примером этого может служить стереофонический предварительный усилитель звуковой частоты, разработанный московским радиолюбителем О. Шмелевым. Его усилитель предназначен для работы в тракте высококачественного воспроизведения звука с любым усилителем мощности, чувствительность которого составляет 0,5—1 В, а входное сопротивление — не менее 10—20 кОм.

Рабочий диапазон частот усилителя 20—20 000 Гц, чувствительность на частоте 1000 Гц при выходном напряжении 1 В с микрофонного входа 1 мВ, со входа, предназначенного для подключения радиоприемника (тюнера), 20 мВ, звукоснимателя и магнитофона 200 мВ. Входные сопротивления этих входов соответственно 5, 100 и 1000 кОм. Диапазон регулирования выходного напряжения около 60 дБ, тембра ±18 дБ на частоте 31,5 Гц и ±14 дБ на частоте 18 кГц. От-

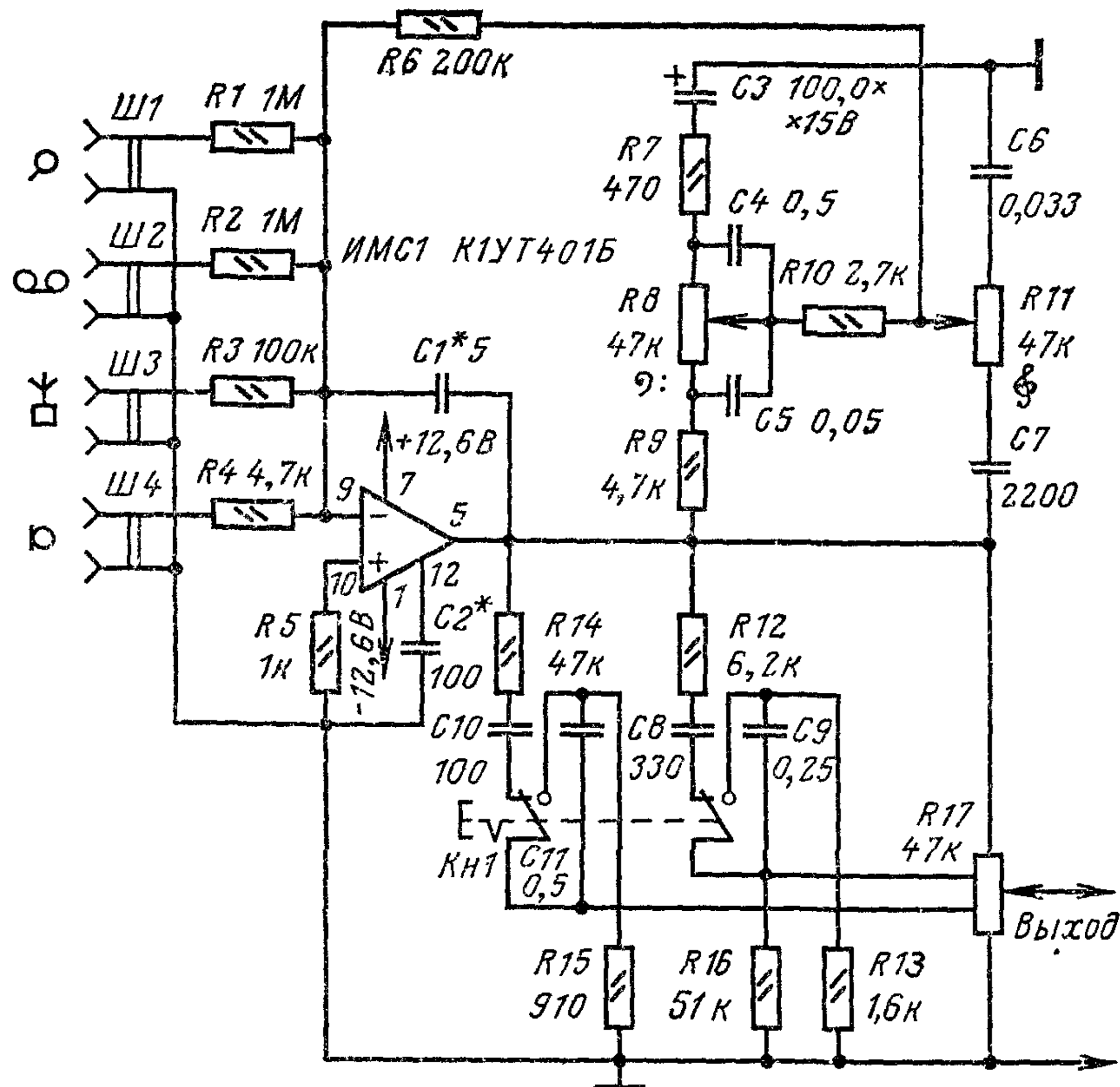


Рис. 2.1

носительный уровень шумов при выходном напряжении 1 В не более —70 дБ.

Принципиальная схема одного из каналов усилителя показана на рис. 2.1. Его основой является операционный усилитель *ИМС1*, питаемый от источника двухполярного напряжения ±12,6 В ±10%. Источники сигналов звуковой частоты подключаются к разъемам *Ш1 — Ш4*, выходной сигнал снимается с переменного резистора *R17*, выполняющего функции регулятора громкости. Подключенные к его отводам цепи тонкомпенсации *R12C8C9R13* и *R14C10C11R15* создают необходимые изменения АЧХ при малых уровнях громкости. Кнопкой *Кн1* цепи тонкомпенсации можно отключить. Это целесообразно делать при прослушивании музыкальных программ через стереотелефоны при записи сигнала с выхода усилителя на магнитную ленту. Регулятор тембра по низшим (*R3*) и высшим (*R11*) звуковым частотам выполнен по обычной схеме и включен в цепь ООС, охватывающей операционный усилитель *ИМС1*.

В качестве регулятора громкости в усилителе необходимо использовать переменный резистор группы В, регулятора тембра — резисторы группы Б. Источник питания должен обладать малыми пульсациями напряжения.

Правильно собранный усилитель, как правило, не требует налаживания. Необходимо только убедиться в отсутствии самовозбуждения на высоких частотах. Если же оно возникает, его устраняют подбором конденсаторов *C1* и *C2*.

При отсутствии операционного усилителя К1УТ401Б усилитель можно собрать на интегральной микросхеме К1УТ401А, снизив напряжение питания до ±6,3 В.

УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ СТЕРЕОТЕЛЕФОНОВ

Еще один пример использования современной элементной базы в любительских конструкциях — простой стереофонический усилитель на блок-сборке БС-1 для прослушивания грампластинок на стереотелефоны динамического типа (например, ТДС-1). Усилитель, разработанный Г. Шульгиным в лаборатории редакции журнала «Радио», предназначен для работы с пьезокерамической головкой звукоснимателя ГЗКУ-631Р (ГЗКУ-631РА). Диапазон воспроизводимых усилителем частот составляет 50—20 000 Гц при неравномерности АЧХ менее 3 дБ, коэффициент гармоник на частоте 1 кГц не превышает 2%. Входное сопротивление усилителя около 1 МОм, выходное — 10 Ом.

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 2.2. Как видно из схемы, каждый его канал состоит из истокового повторителя (*T1, T2*), усилителя напряжения сигнала (*T3, T4*) и выходного каскада на так называемой комплементарной паре транзисторов (*T5, T6* и *T7, T8*). Транзисторы *T1—T4*—блок-сборка БС-1.

Сигналы от головки звукоснимателя электропроигрывающего устройства, подключенного к разъему *Ш1*, поступают на входы истоковых повторителей через делители напряжения, состоящие из резисторов *R1*, *R3* и *R2, R4*. Ослабляя стереосигналы почти в 4 раза, делители предотвращают возможную перегрузку истоковых повторителей при больших сигналах. Помимо этого, резисторы *R1* и *R2* вместе с конденсаторами *C1* и *C2* образуют фильтры нижних частот, ослабляющие сигналы, частоты которых превышают 20 кГц. Резисторы *R3* и *R4* — регуляторы громкости.

Применение в качестве входных каскадов истоковых повторителей вызвано необходимостью обеспечить высокое входное сопротивление усилителя. С нагрузок повторителей — резисторов *R6* и *R7* — стереосигналы поступают на входы следующих каскадов, выполненных соответственно на транзисторах *T3* и *T4*. Кроме нагрузок (резисторов *R10* и *R13*) в их коллекторные цепи включены диоды *Д1* и *Д2*, на которых создаются напряжения смещения транзисторов выходных каскадов. Применение для этой цели диодов стабилизирует режим работы транзисторов при изменении температуры окружающей среды. С нагрузкой (стереофоническими телефонами *Тф1*) выходные каскады соединены через конденсаторы большой емкости *C9* и *C10*. Конденсаторы *C7, C8* совместно с переменными резисторами *R14* и *R15* образуют регуляторы тембра по высшим частотам, с помощью которых усиление на частоте 10 кГц можно ослабить на 10 дБ.

Конструкция и детали. В усилителе можно использовать любые маломощные транзисторы соответству...

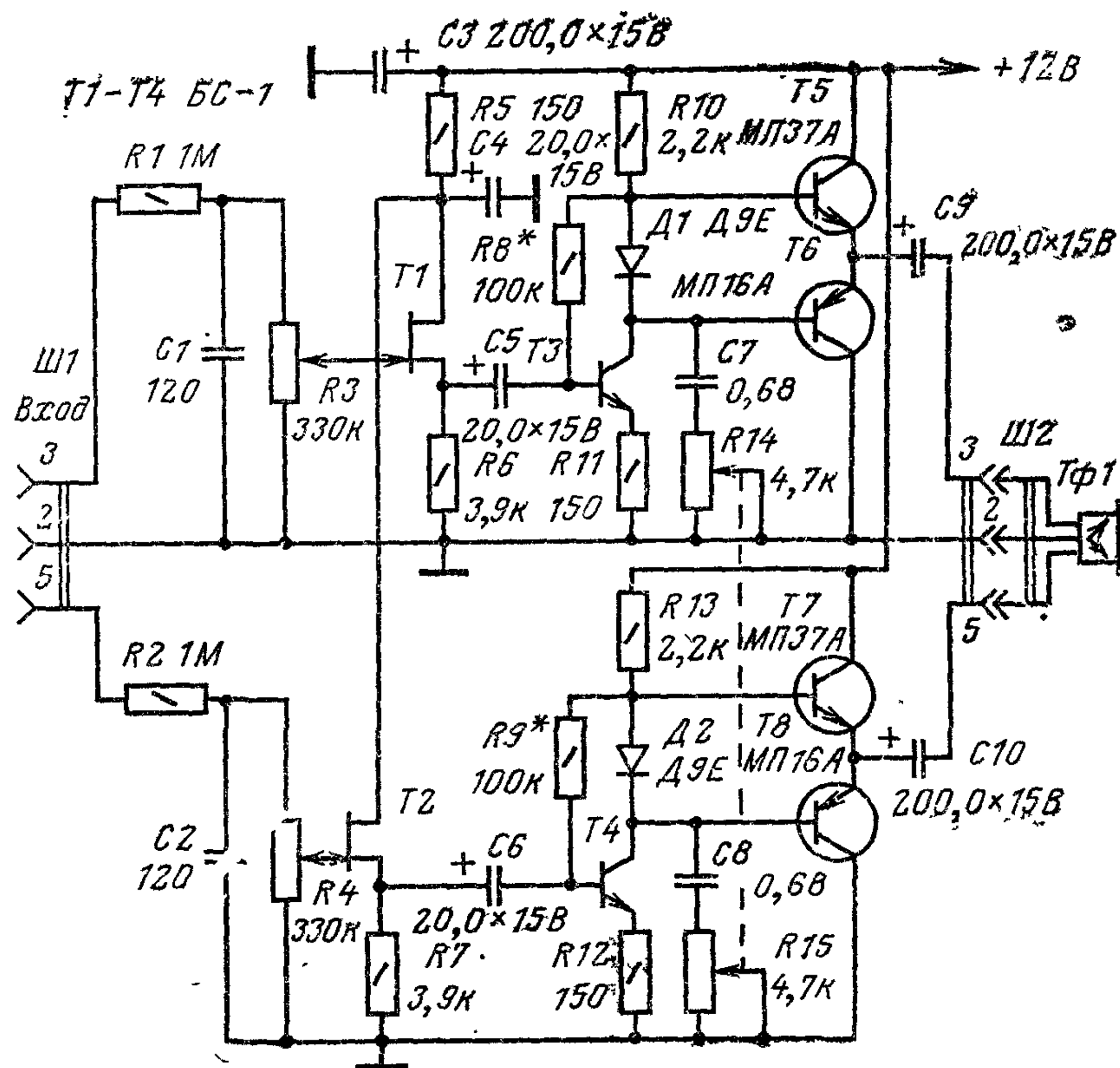


Рис. 2.2

щей структуры. Для уменьшения нелинейных искажений пары транзисторов (*T5* и *T6*, *T7* и *T8*) необходимо подобрать с близкими коэффициентами $h_{21Э}$. При использовании малогабаритных деталей: резисторов МЛТ-0,25 (МЛТ-0,125, ВС-0,125) и СП3-9а (или им подобных), конденсаторов К50-6 (*С3—С6*, *С9*, *С10*) и КЛС, КМ (остальные) — усилитель можно смонтировать на плате размером 55—60×90 — 95 мм.

Налаживание усилителя из исправных деталей сводится к установке (подбором резисторов *R8* и *R9*) на эмиттерах выходных транзисторов напряжений (по отношению к общему проводу), равных примерно половине напряжения питания. Если необходимо, коэффициент передачи каналов легко увеличить. Сделать это можно, либо шунтируя резисторы *R11*, *R12* электролитическими конденсаторами емкостью 20 мкФ (на номинальное напряжение 6 В), либо уменьшая сопротивления резисторов *R1* и *R2*.

УСИЛИТЕЛЬ С МАЛЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ГАРМОНИК

Пожалуй, одной из самых популярных любительских конструкций, описанных в последнее время в журнале «Радио», стал усилитель мощности звуковой частоты для высококачественного любительского радиокомплекса, разработанный В. Шушуриным из г. Львова. Номинальная выходная мощность этого усилителя на нагрузке 8 Ом (при коэффициенте гармоник на частотах 20, 1000 и 20 000 Гц соответственно 0,04, 0,03 и 0,1%) 50 Вт, неравномерность АЧХ в диапазоне частот 15 — 25 000 Гц не превышает 1 дБ. Номинальное входное напряжение — 0,775 В, входное сопротивление 16 кОм, выходное (на частоте 1000 Гц) 0,07 Ом, коэффициент демпфирования при нагрузке 8 Ом — около 58 дБ, относительный уровень помех — 78 дБ. При номинальной выходной мощности усилитель потребляет от источника питания 72,5 Вт.

Принципиальная схема усилителя мощности показана на рис. 2.3. Усилитель мощности содержит входной дифференциальный каскад на транзисторах *T1*, *T2*, усилитель напряжения сигнала на транзистрое *T4*, усилитель тока на транзисторе *T5* и выходной каскад на транзисторах *T7 — T12*. Необходимое для нормальной работы дифференциального каскада постоянство суммарного эмиттерного тока транзисторов *T1* и *T2* обеспечивается источником тока, выполненным на транзисторе *T3* и включенных в прямом направлении диодах *Д1* и *Д2*. Напряжение ООС, охватывающей весь усилитель, снимается с его выхода и через делитель напряжения, состоящий из резисторов *R13*, *R16* и конденсатора *С6*, подается на базу транзистора *T2*.

Для уменьшения влияния разброса параметров транзисторов на режим работы дифференциального каскада на базы транзисторов *T1*, *T2* через резисторы *R3*, *R5*, *R6*, *R10* подано небольшое отрицательное напряжение смещения. Нулевой потенциал на выходе усилителя, необходимый при гальванической связи с нагрузкой, устанавливают подстроечным резистором *R5*. Дрейф «нуля» на выходе данного усилителя при изменении температуры от +5 до +45°С и сигнала на нагрузке от нуля до максимального значения (20 В) не превышает 90 мВ.

Усиленный дифференциальным каскадом сигнал снимается с коллектора транзистора *T1* и поступает на базу транзистора *T4*, а с его коллектора (через резистор

Рис. 2.3

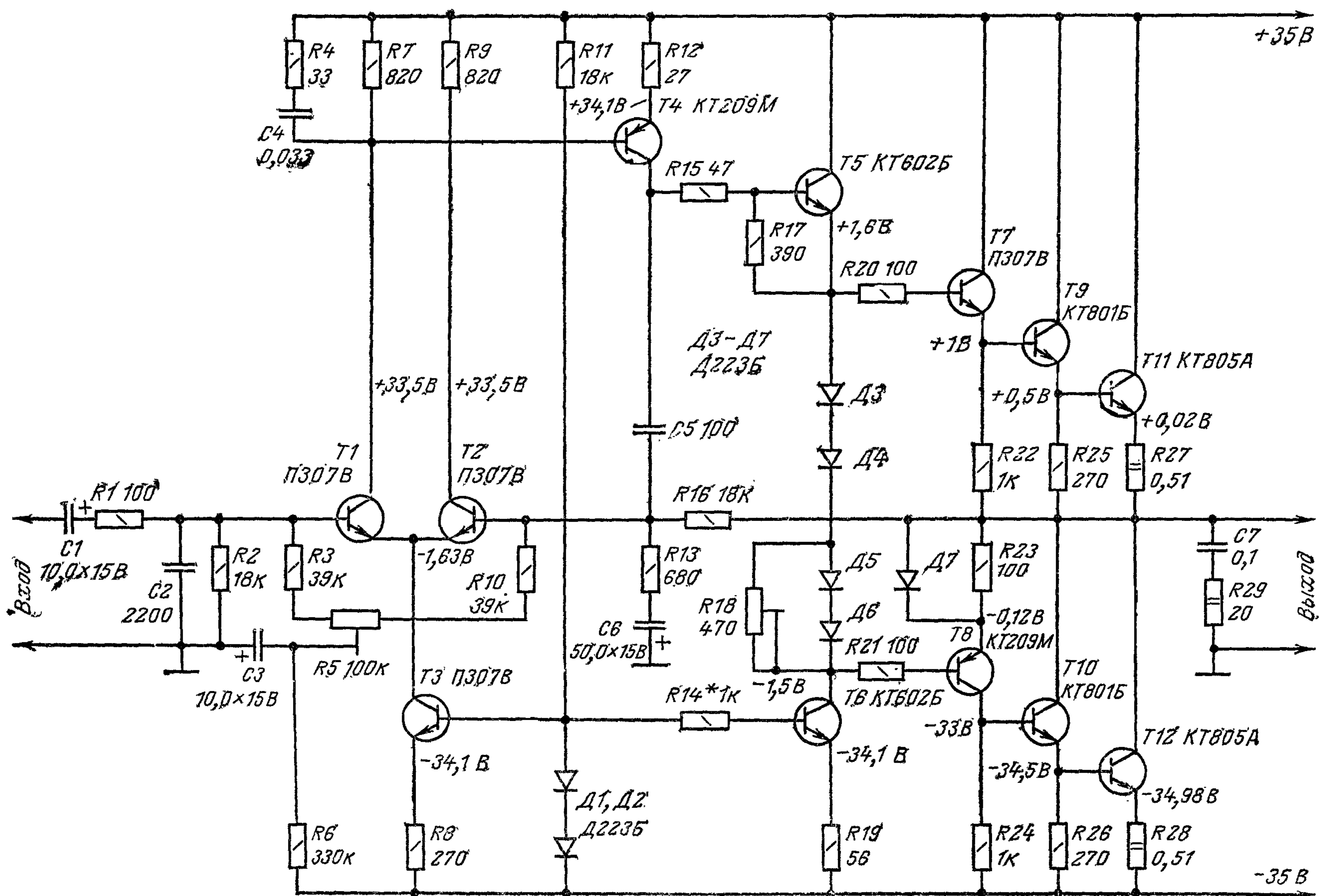


Рис. 2.4

R15) на базу транзистора *Т5*. Этот каскад, будучи включеным после транзистора *Т4*, позволяет последнему работать с небольшим коллекторным током, а следовательно, и с меньшими нелинейными искажениями.

В эмиттерную цепь транзистора *Т5* включены диоды *Д3 — Д6*, на которых создается напряжение начального смещения эмиттерных переходов транзисторов *Т7*, *Т8* выходного каскада. Для уменьшения нестабильности режима работы этого каскада ток через диоды *Д3 — Д6* стабилизирован еще одним источником тока — на транзисторе *Т6*. Ток через диоды регулируется подбором сопротивления резистора *R14*, а напряжение смещения на базах транзисторов *Т7* и *Т8* — изменением сопротивления подстроечного резистора *R18*.

Питается усилитель мощности от нестабилизированного выпрямителя, схема которого приведена на рис. 2.4. Выпрямитель рассчитан на питание двух таких усилителей (стереотракт).

Конструкция и детали. Усилитель смонтирован на печатной плате (рис. 2.5), изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Транзисторы *Т5, Т6, Т9, Т10* снабжены радиаторами (рис. 2.6, *а*), согнутыми из мягкой листовой латуни, и закреплены в них винтами с гайками М3. Выступающие концы винтов вставлены в соответствующие отверстия в плате

Рис. 2.6

Рис. 2.7

(на рис. 2.5 выделены зачернением секторов) и закреплены такими же гайками, навинченными со стороны печатных проводников (под гайки подложены изоляционные шайбы из текстолита толщиной 0,5 мм). Транзисторы *Т11, Т12* выходного каскада установлены на ребристом дюралюминиевом радиаторе, чертеж которого показан на рис. 2.6, *б*.

В усилителе применены резисторы СП4-1в (*R5, R18*), С5-16В (*R27, R28*), МЛТ-2 (*R29*), МЛТ-0,25 (остальные), конденсаторы К50-6 (*С1, С3, С6*), КМ (*С2, С4, С5*) и МБМ (*С7*). Резисторы *R27* и *R28* можно изготовить и самостоятельно, воспользовавшись, например, каким-либо проводом из сплава с высоким удельным сопротивлением. При отсутствии транзисторов, указанных на схеме, можно взять транзисторы КТ604, КТ630, КТ940 (*Т5, Т6*); П307, П307А, П307Б, КТ601А (*Т7*); КТ209Л, КТ502Д, КТ502Е (*Т4, Т8*); КТ801А, КТ807А, КТ807Б, П701А (*Т9, Т10*); КТ808А (*Т11, Т12*).

В выпрямителе можно использовать готовый трансформатор питания типа ТПП322-127/220-50 или ТПП321-127/220-50 и электролитические конденсаторы К50-18 или К50-25.

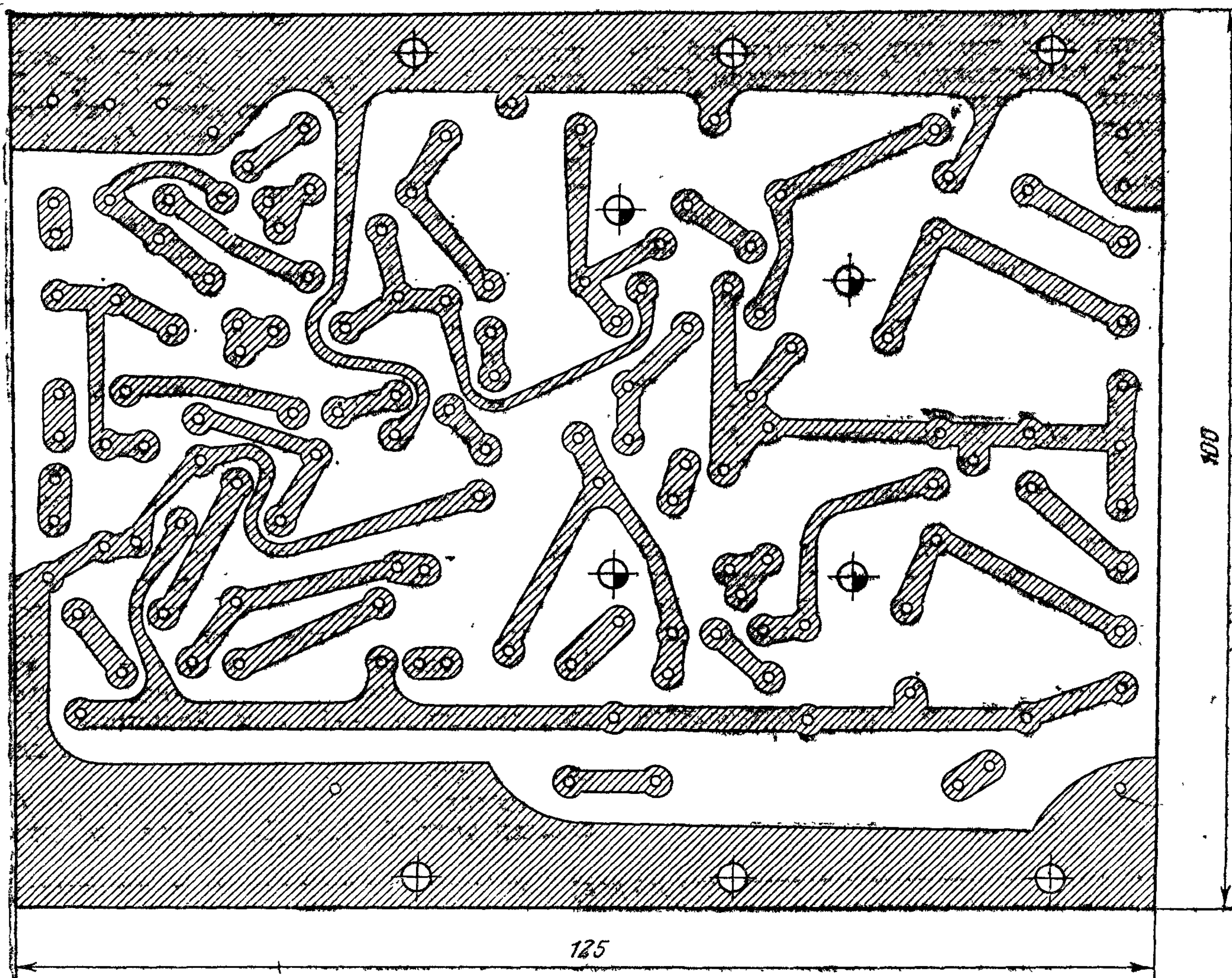
Налаживание усилителя при проверенных заранее деталях сводится к установке на выходе нулевого потенциала подстроечным резистором *R5* и, если необходимо, к устранению характерных искажений типа «ступенька» в выходном сигнале подстроечным резистором *R18*. Ток покоя транзисторов выходного каскада устанавливают в пределах 50—100 мА. На время налаживания к выходу усилителя подключают эквивалент нагрузки. Напряжения на электродах транзисторов, указанные на схеме, измерены вольтомметром ВК7-10 по отношению к общему проводу.

В заключение приводим зависимость коэффициента гармоник усилителя от частоты входного сигнала и выходной мощности (рис. 2.7), построенную на основе усредненных результатов проверки четырех образцов описанного усилителя. Как видно из рисунка, с повышением частоты сигнала нелинейные искажения заметно растут, но даже в самом худшем случае они не превышают 0,1%. Увеличение искажений при уменьшении выходной мощности объясняется особенностями работы усилителей в режиме АВ. Необходимо отметить, что для обеспечения малых нелинейных искажений (не более тех, которые указаны в начале описания) при работе на нагрузку сопротивлением 4 Ом в оконечном каскаде усилителя необходимо использовать транзисторы КТ808А.

Для работы с описанным усилителем пригоден любой предварительный усилитель с выходным напряжением 0,8—1 В, например усилитель, разработанный О. Шмелевым (см. с. 19, 20).

УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ С МАЛЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ИСКАЖЕНИЯМИ

Сегодня ни для кого уже не секрет, что такие традиционные параметры, как диапазон воспроизводимых частот и коэффициент гармоник, не в полной мере



R29 C7
R8 T6 R19 R21 R24 R26 -35 В
э б Д2 б к э
T3 к Д1 R14 б к T8 T12 R28
C2 R6 R11 Д6 э
Вход R2 + C6 R23 Д7 T10 б
+ C1 + C3 R5 R18 Выход
R1 R3 Д5 R22 к
б э б Д4 R25
T2 Д3 R27 T11
к T1 к R10 R13 R17 R16
C4 C5 R20 э
T4 к б
б R15 э э
T5 T7 T9 к
R12 б э к б +35 В
R4 R7 R9 к

Рис. 2.5

характеризуют качество усилителя звуковой частоты. Одним из важнейших стал параметр, оценивающий новый вид искажений, возникающих в охваченном ООС усилителе при резких перепадах уровня сигнала. Такие искажения, получившие название динамических (кстати, они свойственны в основном транзисторным усилителям), особенно заметны при прослушивании музыкальных программ. Чтобы эти искажения были малы, исходный усилитель (т. е. усилитель с разомкнутой петлей ООС) должен быть достаточно широкополосным и линейным, а усилитель мощности — более широкополосным, чем предварительный усилитель.

Этим требованиям в полной мере отвечает усилитель, разработанный призером (третья премия) проведенного редакцией журнала «Радио» в 1977 году юбилейного конкурса «Октябрь-60» москвичом А. Майоровым. Помимо малых динамических искажений его усилитель обладает высокой температурной стабильностью, достигнутой применением местных ООС в каскадах предварительного усиления, транзисторов для предоконечного каскада, корпуса которых имеют одинаковые тепловые сопротивления, и установкой сравнительно большого (около 250 мА) тока покоя транзисторов оконечного каскада.

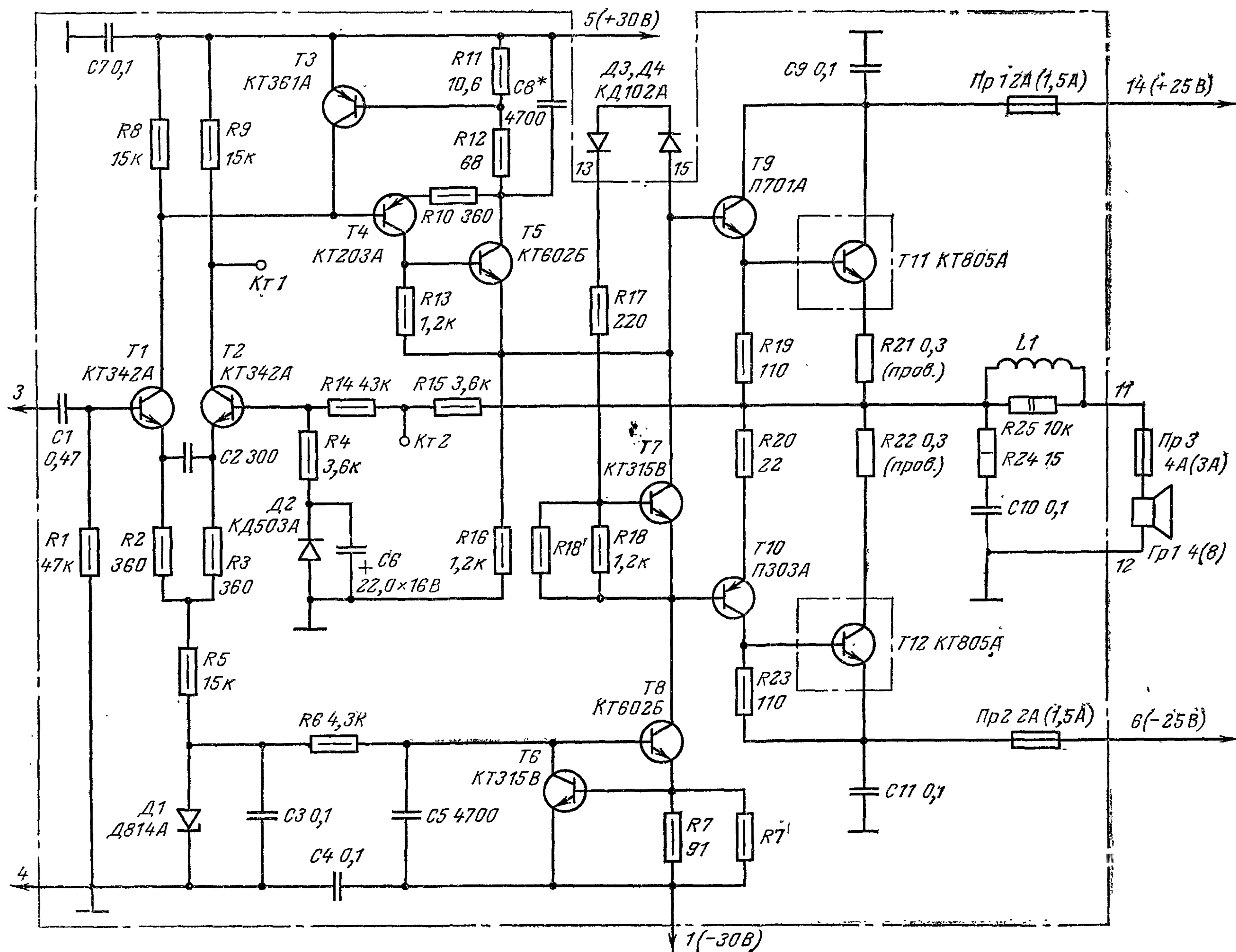
Выходная мощность усилителя в диапазоне частот 20—20 000 Гц на нагрузке 8 Ом (при коэффициенте гармоник 0,5%) 20 Вт, а на нагрузке 4 Ом (при коэффициенте гармоник 0,8%) — 25 Вт. Частота среза усилителя без ООС (при выходной мощности 1 Вт) около 30 кГц, глубина ООС — 20 дБ. При выходной мощности 20 Вт (на нагрузке 8 Ом) чувствительность усилителя равна 1 В; уровень фона и шума относительно напряжения на нагрузке, соответствующего мощности 20 и 25 Вт, около —70 дБ.

Принципиальная схема усилителя показана на рис. 2.8. Он содержит входной дифференциальный усилитель *(Т1, Т2)*, каскад на составном транзисторе *(Т4, Т5)* с генератором тока *(Т6, Т8)* в эмиттерной цепи, предоконечный *(Т9, Т10)* и оконечный *(Т11, Т12)* каскады и устройство защиты транзисторов от перегрузок по току и случайных коротких замыканий в нагрузке *(Т3, Д2* и *Пр1 — Пр3)*.

Транзисторы дифференциального каскада подобраны по статическому коэффициенту передачи тока $h_{21Э}$ и напряжению эмиттер-база при нескольких значениях коллекторного тока. Коллекторный ток каждого из транзисторов выбран равным 250 мкА. Это позволило предотвратить самопрогрев переходов, нарушающий режим работы транзисторов, и получить довольно высокое входное сопротивление каскада: в данном случае оно близко к сопротивлению резистора *R1*, что вполне достаточно для работы от источника сигнала с выходным сопротивлением 5—10 кОм. Резисторы *R2* и *R3* в эмиттерных цепях транзисторов каскада создают местную ООС по току.

Каскад на составном транзисторе *Т4, Т5* также охвачен местной ООС. Ее напряжение снимается с кол-

Рис. 2.8



лектора транзистора *Т5* и через резистор *R10* подается в цепь эмиттера транзистора *Т4*. Высокая стабильность петли ООС обеспечивается благодаря правильному соотношению граничных частот выбранных транзисторов (5 МГц у транзистора КТ203А и 100 МГц у КТ602Б). Нагрузкой каскада являются генератор тока на транзисторах *Т6, Т8*, входное сопротивление предоконечного каскада *(Т9, Т10)* и резистор *R16*. Генератор тока обеспечивает симметричное усиление обеих (отрицательной и положительной) полуволн сигнала, снижает температурную нестабильность усилителя и уменьшает влияние нестабильности питающих напряжений на его работу. Вместе с составным транзистором и резистором *R16* генератор образует эквивалентный источник напряжения, питающий выходной каскад. Возникающая при этом в выходном каскаде 100%-ная ООС по напряжению исключает нелинейность коэффициента передачи тока и повышает частоту среза каскада. Однако, чтобы добиться этих преимуществ, пришлось пойти на значительное увеличение тока транзисторов *Т5, Т8*, что, в свою очередь, повлекло за собой необходимость установки их на теплоотводы.

Для уменьшения характерных искажений типа «ступенька» и исключения переходного процесса в главной петле ООС (ее напряжение снимается с выхода усилителя и подается на базу транзистора *Т2* дифференциального каскада через делитель *R15, R14, R4, С6*), возникающих из-за теплового удара при резком перепаде уровня выходного сигнала, ток покоя выбран достаточно большим и стабилизирован устройством на транзисторе *Т7* и диодах *Д3, Д4*.

Коррекция АЧХ усилителя осуществляется в дифференциальном каскаде конденсатором *С2*, включенным между эмиттерами транзисторов *Т1* и *Т2*, в каскаде на составном транзисторе *Т4, Т5* — конденсатором *С8*, шунтирующим резисторы *R11, R12*. Низшая частота среза определяется в данном случае частотными свойствами транзисторов предоконечного каскада *Т9* и *Т10*. Частоты среза остальных каскадов столь далеки от пределов рабочего диапазона, что при замыкании петли главной ООС паразитных колебаний не возникает. Резисторы *R24, R25*, конденсатор *С10* и катушка *L1* корректируют АЧХ в области высших частот, что необходимо для стабилизации усилителя при возможных изменениях нагрузки.

Особенностью усилителя является питание каскадов предварительного усиления и выходного каскада от отдельных источников. Это позволило в добавление к ООС через резистор *R10* ввести в каскад на составном транзисторе еще одну местную ООС (она создается за счет падения напряжения на резисторах *R11, R12*) и обеспечить постоянство тока через транзистор *Т8* (за счет падения напряжения на резисторах *R7* и *R7'*).

Электронная защита усилителя работает следующим образом. Если например, из-за короткого замыкания в нагрузке или из-за неисправности выходного каскада предохранители перегорят, то ток составного транзистора будет ограничен транзистором *Т3* на уровне 55—60 мА. Чрезмерному увеличению отрицательного напряжения на базе транзистора *Т2* при перегорании предохранителя *Пр1* препятствует диод *Д2* — он ограничивает это напряжение уровнем 0,7 В.

Конструкция и детали. В усилителе применены резисторы МЛТ-1 *(R24)*, МЛТ-2 *(R25)* и МЛТ-0,5 (все остальные, кроме *R21* и *R22*) с допускаемым отклонением от номинала ±5%. Резистор *R11* составлен из резисторов сопротивлением 20 и 24 Ом. Резисторы *R21* и *R22* — проволочные, изготовлены из нихромового провода диаметром 0,6 мм, намотанного на оправку диаметром 4 мм (после намотки оправку удаляют). Катушка *L1* намотана на резисторе МЛТ-2 *(R25)* проводом ПЭВ-2 0,5 в один ряд до заполнения его корпуса. Конденсаторы *С1, С2, С5, С8* — КМ, *С6* — К53-1, остальные — МБМ.

Вместо указанных на схеме транзисторов КТ342А в усилителе можно применить транзисторы КТ312В или КТ315В, подобрав их по напряжению эмиттер-база, статическому коэффициенту передачи тока h_{21}, минимальному значению обратного тока коллектора и коэффициенту шума. При этом сопротивления резисторов *R4* и *R15* необходимо уменьшить до 360 Ом, *R1* — до 4,7 кОм, *R14* — до 4,3 кОм, а емкость конденсаторов *С1* и *С6* увеличить соответственно до 4,7 и 100 мкФ. Вместо транзистора КТ361А можно использовать любой планарный транзистор соответствующей структуры, например, серий КТ203, КТ208, а вместо КТ203А — маломощный транзистор с допустимым напряжением коллектор-эмиттер не менее 60 В, например КТ208Л, КТ208М.

Детали усилителя, кроме транзисторов *Т11, Т12*, предохранителя *Пр3* и диодов *Д3, Д4*, смонтированы на плате размером 110×100 мм, изготовленной из гетинакса толщиной 1,5 мм. Разметка платы и схема соединений усилителя показана на рис. 2.9. Монтаж выполнен на стойках диаметром 1 мм (отрезки медного лужёного провода), запрессованных в плату. Со стороны монтажных соединений они выступают из платы на 2—2,5 мм, а со стороны установки деталей — на 6 или 10 мм. Стойки, выступающие на 6 мм (на схеме соединений они изображены в виде одинарных кружков), использованы только для крепления деталей, а на 10 мм — еще и для припайки к ним соединительных проводников. Соединительные проводники, расположенные на той же стороне платы, что и детали, показаны на рис. 2.9 сплошными линиями, а проводники, которые соединяют монтажные точки с противоположной стороны, — штриховыми.

Теплоотводы транзисторов *Т5* и *Т8* изготовлены из листовой меди (толщиной 1 мм). Они представляют собой П-образные кронштейны, основания которых (к ним крепят транзисторы) имеют размеры 23×23 мм, а полки — 10×23 мм. В одной из полок каждого теплоотвода просверлены отверстия диаметром 3,2 мм под винты крепления (М3×6) их к монтажной плате. Тепловое сопротивление такого теплоотвода примерно 35°С/Вт.

Теплоотводы транзисторов *Т11* и *Т12* также изготовлены из листовой меди, но толщиной 2 мм. Каждый из них состоит из двух П-образных частей, склепанных по углам четырьмя медными заклепками. Размеры оснований каждой из частей 80×80 мм, полок 25×80 мм. Тепловое сопротивление теплоотвода примерно 3,6°С/Вт. Стабилизирующие диоды *Д3* и *Д4* вклеены эпоксидным клеем в просверленные для этой цели отверстия в теплоотводе транзистора *Т11*.

В качестве держателей предохранителей (малогабаритные, марки ПМ-20) использованы соответствующие детали держателей, применяемых в унифицированных телевизорах. На плате они закреплены медными заклепками диаметром 1,5 мм.

Налаживание усилителя начинают с первых каскадов. Для этого временно снимают предохранители *Пр1 — Пр3*, разрывают соединение коллектора транзистора *Т8* с базой транзистора *Т10* и базы транзистора *Т9* с эмиттером транзистора *Т5*, соединяют последний с коллектором транзистора *Т8*, а точку *Кт2* с общим проводом. Сделав это, подпаивают параллельно резистору *R7* переменный резистор сопротивлением 100 Ом и, включив питание, подбирают такое сопротивление в цепи эмиттера транзистора *Т8*, при котором напряжение на его коллекторе равно нулю. Затем питание выключают. Выждав 15—20 мин. его включают снова и измеряют напряжение на коллекторе транзистора *Т8* сразу после включения и после 10 мин. прогрева транзисторов *Т5, Т8*. Суммарное изменение напряжения под действием всех дестабилизирующих факторов (температуры, колебаний напряжения сети в пределах ±10%) не должно быть больше ±1 В. Если это не

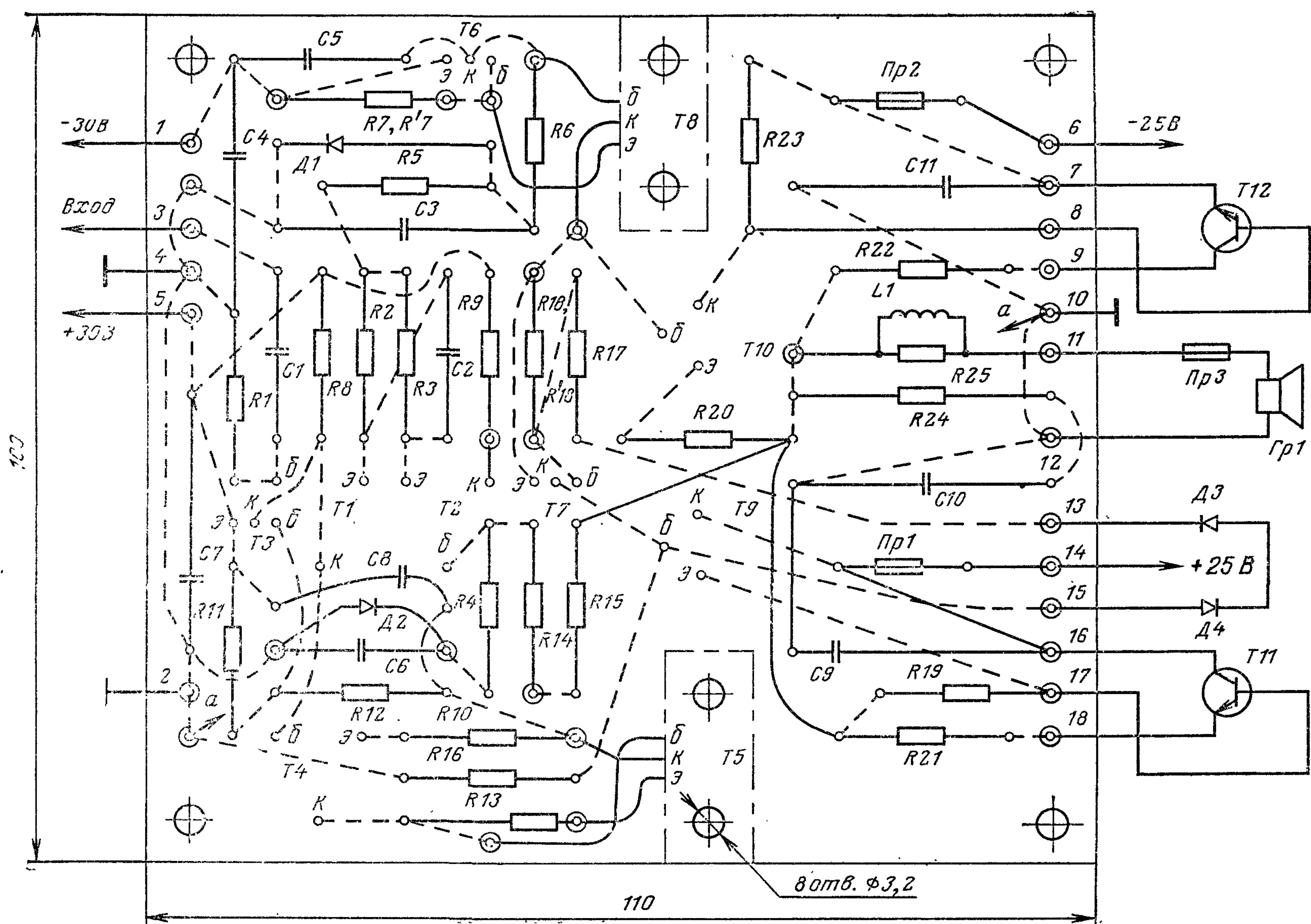


Рис. 2.9

так, необходимо убедиться в симметричности плеч дифференциального каскада (напряжения на коллекторах транзисторов *T1* и *T2* должны быть одинаковыми — примерно +27 В), проверить надежность крепления транзисторов *T5* и *T8*, измерить температуру их теплоотводов. Добившись требуемой стабильности напряжения на коллекторе транзистора *T8*, отпаивают переменный резистор и, измерив сопротивление введенной части, заменяют его постоянным резистором *R7'* точно такого же сопротивления.

После этого к коллектору транзистора *T8* подключают осциллограф и подают на вход усилителя синусоидальный сигнал амплитудой около 100 мВ. В нормально работающем усилителе ограничение сигнала должно быть симметричным во всем диапазоне воспроизводимых частот, максимальная амплитуда неискаженного сигнала должна быть не менее ±24 В, а частота среза — не ниже 200 кГц. Коэффициент усиления дифференциального каскада должен быть около 12, а каскада на составном транзисторе — около 13 (общий коэффициент передачи 150).

Способность первых двух каскадов усилителя передавать без искажений импульсный сигнал проверяют, соединив эмиттер транзистора *T5* с точкой *Кт2*. Прямоугольные импульсы амплитудой 0,5 В и частотой 1000 Гц подают на вход усилителя, а переходную характеристику наблюдают на экране осциллографа, подключенного к коллектору транзистора *T8:* усиленный импульс должен иметь крутые, но без выбросов фронт и спад. Если необходимо, этого добиваются подбором конденсатора *C8*.

Далее восстанавливают все соединения в соответствии с принципиальной схемой, устанавливают на место предохранители, замыкают накоротко катушку *L1* и подключают к выходу усилителя резистор сопротивлением 8 Ом, рассчитанный на рассеяние мощности 25—30 Вт. Отрицательную обратную связь по переменному току временно выключают, соединив точку *Кт2* с общим проводом через электролитический конденсатор емкостью 5—10 мкФ (положительным выводом к общему проводу). Затем включают питание. При этом предохранители не должны сгорать, постоянное напряжение на выходе усилителя (контакт *11*) должно быть не более ±100 мВ, а размах напряжения пульсаций частотой 100 Гц — не более 100 мВ. Усилитель, кроме того, не должен самовозбуждаться. Убедившись в этом, подают на вход синусоидальный сигнал и, изменяя его частоту, проверяют, отдает ли усилитель требуемую выходную мощность во всем диапазоне частот. Неискаженная амплитуда сигнала на нагрузке 8 Ом должна быть не менее 20 В (на нагрузке 4 Ом — 16 В), что соответствует выходной мощности 25 (30) Вт.

Последний этап налаживания — установка тока покоя транзисторов оконечного каскада. Вначале это делают по миллиамперметру в коллекторной цепи транзистора *T11* подбором резистора, шунтирующего эмиттерный переход транзистора *T7:* параллельно резистору *R18* подключают переменный резистор сопротивлением 5—10 кОм и с его помощью увеличивают ток покоя до 200—250 мА. Во избежание короткого замыкания эмиттерного перехода первоначальное сопротивление переменного резистора должно быть максимальным и в процессе регулировки его не следует уменьшать до нуля. Окончательно ток покоя подбирают, изменяя сопротивление этого же переменного резистора и контролируя усиленный сигнал с помощью осциллографа: вход *Y* соединяют с входом усилителя, а вход *X* —

с его выходом. Подав на вход усилителя напряжение от генератора сигналов звуковой частоты, наблюдают на экране амплитудную характеристику: при правильно выбранном токе покоя она должна иметь вид прямой линии без излома в середине на частоте 500 Гц и правильного эллипса на частоте 20 кГц. Регулируя ток покоя, необходимо постоянно следить за температурой теплоотводов транзисторов *Т11* и *Т12*, которая не должна превышать +60°С. Добившись требуемых результатов, переменный резистор заменяют постоянным такого же сопротивления (*R18'*) и замыкают цепь ООС по переменному току (отпаяв конденсатор, соединяющий точку *Кт2* с общим проводом). При этом усилитель не должен самовозбудиться, а искажения должны существенно уменьшиться. Сигнал ошибки в петле общей ООС удобно контролировать в точке *Кт1:* если искажения, вносимые исходным усилителем, малы, то форма сигнала в этой точке близка к синусоидальной.

Для работы с описанным усилителем мощности можно использовать любой высококачественный предварительный усилитель с выходным сопротивлением не менее 5—10 кОм и неискаженным выходным напряжением не менее 2—3 В. Чтобы исключить динамические искажения в усилителе мощности, верхняя частота рабочего диапазона предварительного усилителя должна быть ограничена фильтром с частотой среза 16—20 кГц.

МОЩНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

До недавнего времени большинство радиолюбителей, увлекающихся высококачественным звуковоспроизведением, строили выходные каскады своих усилителей по схеме с так называемыми квазикомплементарными цепями (рис. 2.10, *а*): в оконечных (а иногда и предоконечных) каскадах использовали мощные транзисторы одной структуры, а в предшествующем — маломощные транзисторы разной структуры. Один из недостатков такого выходного каскада — несимметричность для положительной и отрицательной полуволн сигнала, следствием чего являются его нелинейные искажения. Уменьшить их до приемлемого уровня удается, введя достаточно глубокую ООС, но это, как известно, создает условия для возникновения динамических искажений, требует фазовой коррекции. Однако основной недостаток этих усилителей в другом: при такой схеме выходного каскада трудно создать по-настоящему надежный усилитель с выходной мощностью более 30 Вт на нагрузке 8—15 Ом. Причина этого в отсутствии доступных радиолюбителям высоковольтных транзисторов структуры *p-n-p* (транзистор *Т2* на рис. 2.10, *а*). Наиболее же часто применяемые в таких каскадах транзисторы КТ203А и ГТ321А (Б, В)с максимально допустимым напряжением между коллектором и эмиттером $U_{КЭmax}$=50—60 В не позволяют получить от каскада мощность более 23 Вт при нагрузке 8 Ом и 13,5 Вт при нагрузке 15 Ом.

Повышенные требования по параметру $U_{КЭ\,max}$ предъявляются и к транзисторам последующих каскадов (*Т3—Т6*): их $U_{КЭ\,max}$ должно быть существенно больше суммы напряжений питания $U_{пит1}+U_{пит2}$. Дело в том, что в эмиттерно-базовые цепи этих транзисторов обычно включают резисторы *R1—R4* существенно большего сопротивления, чем нормированное техническими условиями сопротивление $R_{бэ}$, при котором гарантируется $U_{КЭ\,max}$. В результате допустимое напряжение $U_{КЭ\,max}$ значительно снижается (например, у транзисторов КТ808А в 1,5—2 раза при $R_{бэ}$=100 Ом). Тем не менее использовать транзисторы при гарантируемом техническими условиями значении $U_{КЭ\,max}$ можно и в этом случае, если на закрытый в данный момент транзистор подавать закрывающее напряжение, не равное нулю.

Наконец, еще один недостаток такого усилителя мощности — сложность выбора и места включения элементов термостабилизации тока покоя транзисторов оконечного каскада, обеспечения необходимого закона стабилизации.

От всех указанных недостатков свободен выходной каскад, схема которого показана на рис. 2.10, *б*. Как видно из схемы, каждое плечо каскада выполнено в данном случае на транзисторах одной структуры, а нагрузка $R_н$ включена в диагональ моста (рис. 2.10, *в*), образованного участками эмиттер-коллектор транзисторов *Т3, Т4* и источниками питания *Б1, Б2*. Диоды *Д1, Д2* и резисторы *R1, R2* создают условия для подачи закрывающего напряжения на транзисторы не работающего в данный момент плеча каскада за счет протекания входного тока $I_{вх}$. Так, при полярности входного сигнала, показанной на рис. 2.10, *б*, напряжение, закрывающее транзистор *Т2*, равно падению напряжения на диоде *Д2*, а напряжение, закрывающее транзистор *Т4*, определяется соотношением $U_{БЭТ} \approx U_{вх}R_2/(R_н h_{21\,ЭТ1} h_{21\,ЭТ3} + R_2)$. В таком каскаде можно использовать транзисторы с допустимым $U_{КЭmax}=U_{Б1}+U_{Б2}$. Подача на базы неработающих транзисторов закрывающих напряжений устраняет также влияние обратного тока коллектора оконечных транзисторов на их ток покоя при изменении температуры. А это значит, что если допустимо увеличение тока покоя в 2—3 раза, то в описываемом выходном каскаде термостабилизацию можно и не применять.

Принципиальная схема усилителя **мощности**, выходной каскад которого построен **с** учетом сказанного выше, показан на рис. 2.11. За разработку этого усилителя москвич А. Сырицо был награжден поощрительной премией на конкурсе «Октябрь-60».

При входном напряжении 0,775 В усилитель развивает номинальную выходную мощность 30 Вт на нагрузке 15 Ом и 40 Вт на нагрузке 8 Ом. Номинальный диапазон воспроизводимых частот 20—20 000 Гц, коэффициент гармоник в диапазоне частот 30—15 000 Гц не превышает 0,3%, отношение сигнал/шум не менее 90 дБ.

Усилитель состоит из входного эмиттерного повторителя (*Т1*), двух каскадов усиления напряжения сигнала (*Т2* и *Т4, Т5*), согласующего их еще одного эмиттерного повторителя (*Т3*), выходного каскада (*Т8, Т10* и *Т9, Т11*), работающего в режиме АВ, и устройства, защищающего транзисторы выходного каскада от превышения мощности рассеяния на коллекторах при нагрузке менее 8 Ом (*Т6, Т7*) и от выхода их из строя

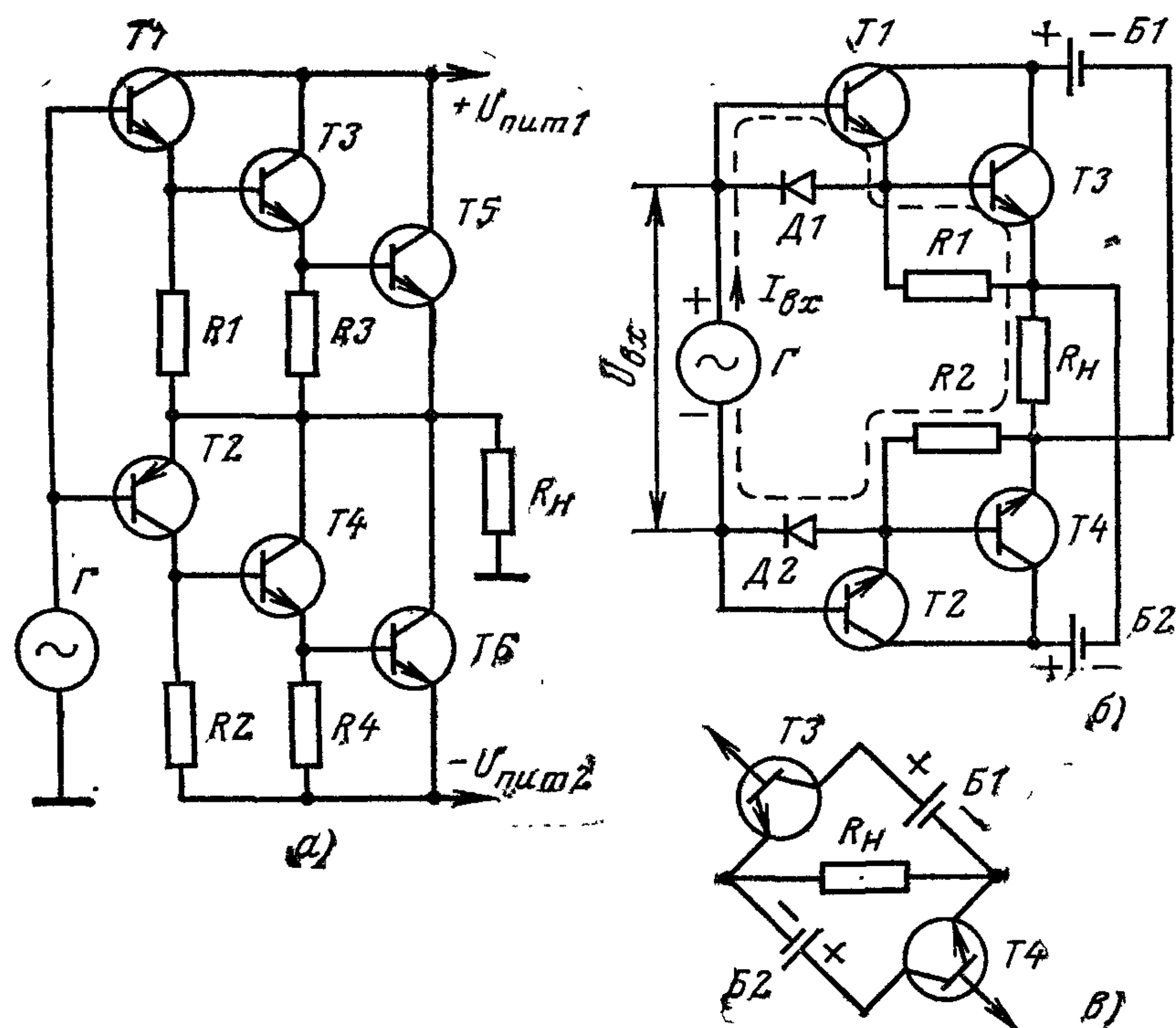


Рис. 2.10

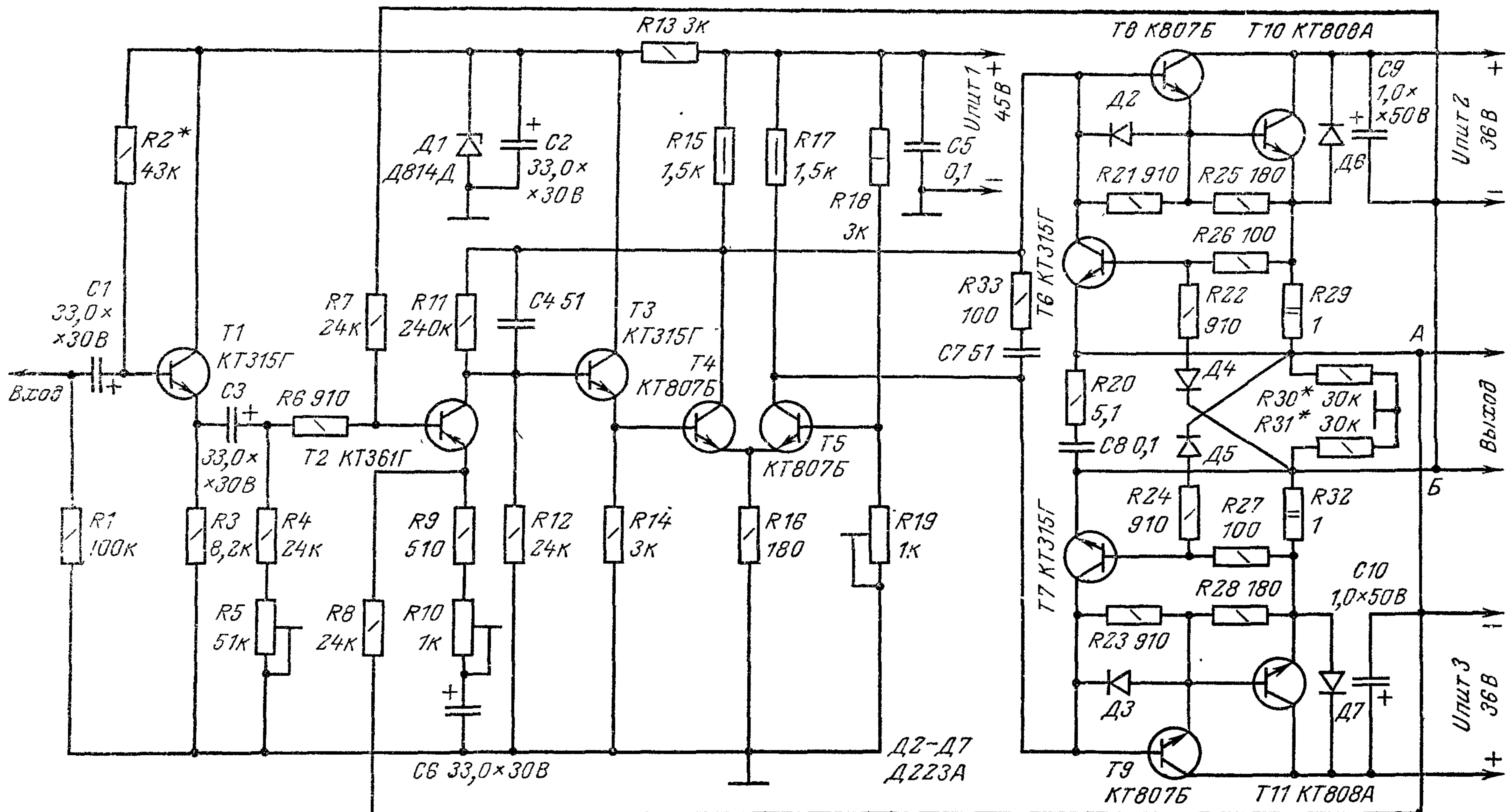


Рис. 2.11

при индуктивной нагрузке *(Д6, Д7* и цепь *R20C8)*. Первый каскад усиления напряжения сигнала *(Т2)* охвачен последовательной ООС по току (в эмиттерную цепь транзистора включены резисторы *R9* и *R10*), второй *(Т4, Т5)* — параллельной ООС по напряжению (коллектор транзистора *Т4* через резистор *R11* соединен с базой транзистора *Т3*). Общая ООС по переменному напряжению охватывает весь усилитель, причем каждое плечо выходного каскада имеет свою отдельную цепь ООС. Напряжение ООС противоположной полярности снимается с выхода усилителя (точки *А* и *Б*) и через резисторы *R7* и *R8* подается в цепи базы и эмиттера транзистора *Т2*. Глубина ООС по переменному напряжению примерно 26 дБ. Режимы работы транзисторов стабилизированы глубокой ООС по постоянному току, что стало возможным благодаря непосредственной (гальванической) связи между каскадами.

Фазовая коррекция усилителя осуществляется конденсатором *С4* и цепью *R33, С7*. Цепь *R20, С8* кроме указанных ранее защитных функций предназначена еще и для повышения устойчивости усилителя к самовозбуждению на высоких частотах при отключенной нагрузке.

Питается усилитель от трех независимых источников: одного напряжением 45 В (каскады усиления напряжения сигнала) и двух изолированных от общего провода источников напряжением 36 В каждый (выходной каскад). Последнее может навести на мысль, что это недостаток предлагаемого усилителя, однако дело обстоит не совсем так: количество высоковольтных электролитических конденсаторов — по два (2000,0×50 В) в выпрямителях на 36 В и один (200,0×160 В) в выпрямителе на 45 В — получается таким же, как и в усилителях по традиционным схемам с питанием от двухполярного источника. В какой-то мере недостатком описываемого усилителя можно считать сравнительно большое число необходимых для его сборки транзисторов средней мощности и отсутствие гальванической связи между нагрузкой и общим проводом. Последнее может в отдельных случаях ограничить применение усилителя. Кроме того, случайное замыкание выходной цепи описываемого усилителя на общий провод приведет к тому, что через нагрузку потечет постоянный ток. Об этом необходимо помнить при налаживании и эксплуатации усилителя.

Конструкция и детали. В усилителе можно использовать транзисторы указанных на схеме типов без какого-либо подбора. Возможна замена транзисторов КТ315Г и КТ361Г любыми транзисторами этих серий, а КТ808А транзисторами КТ802А или КТ805А. При монтаже транзисторы КТ807Б необходимо установить на теплоотводы, рассчитанные на рассеиваемую мощность 0,5 Вт *(Т4, Т5)* и 1,5 Вт *(Т8, Т9)*, а КТ808А — на теплоотводы, способные рассеять мощность не менее 15—20 Вт.

Трансформатор питания можно намотать на магнитопровод из пластин Ш24 (толщина набора 36—40 мм). Его сетевая обмотка (на 220 В) должна содержать 900 витков провода ПЭВ-2 0,35, а понижающие — две по 118 витков провода ПЭВ-2 0,57 (для выпрямителей на 36 В) и одна 140 витков провода ПЭВ-2 0,25 (для выпрямителя на 45 В). Из такого же провода (один слой) можно выполнить и электростатический экран.

В выпрямителях на напряжение 36 В можно использовать диоды типа Д242Б, а в выпрямителе на 45 В — Д226Г. Для уменьшения проникновения пульсаций в каскады на транзисторах *Т1 — Т5*, а также для повышения стабильности режимов их работы напряжение питания 45 В желательно стабилизировать.

Если усилитель рассчитывается на работу только с нагрузкой сопротивлением 15 Ом, то число фильтрующих конденсаторов в выпрямителях на 36 В можно уменьшить до одного.

При необходимости усилитель можно приспособить для работы и с более низкоомной нагрузкой, например сопротивлением 4 Ом. В этом случае выходной каскад усилителя необходимо сделать более мощным, включив в каждое его плечо еще по одному транзистору КТ808А. В цепи эмиттеров этих транзисторов, как и основных, необходимо включить резисторы сопротивлением 1 Ом,

рассчитанные на рассеиваемую мощность 2 Вт. Выходная мощность на нагрузке 4 Ом составит при этом 80 Вт, а токи, потребляемые от источников питания выходного каскада, возрастут до 2 А (при выходной мощности 40 Вт на нагрузке 8 Ом они равны 1 А).

Налаживание усилителя начинают с установки движков подстроечных резисторов *R5* и *R19* — в среднее положение, а резистора *R10* в такое, при котором сопротивление в цепи эмиттера транзистора *T2* равно сопротивлению резистора *R6* (910 Ом). Не подключая к усилителю нагрузки, включают питание каскадов на транзисторах *T1 — T5* и подстроечными резисторами *R19* и *R5* устанавливают режимы транзисторов по постоянному току: первым из них добиваются того, чтобы напряжения в точках *А* и *Б* относительно общего провода каскадов предварительного усиления стали одинаковыми — равными 22—23В, а вторым — отсутствия постоянного напряжения на выходе ($U_А - U_Б = 0$).

После этого конденсатор *C3* отключают от эмиттера транзистора *T1*, а резисторы *R30* и *R31* — от общего провода. Включив питание выходного каскада, подают через конденсатор *C3* сигнал частотой 1000 Гц. Сигнал на выходе усилителя контролируют осциллографом вначале без нагрузки, а затем с нагрузкой 15 и 8 Ом. Минимума искажений формы сигнала добиваются более тщательным подбором сопротивлений тех же резисторов *R5* и *R19* при максимальной выходной мощности. Далее нагрузку отключают и подбором сопротивления (кОм) резисторов *R30, R31* в пределах (1,3—1,5) $U_А$ устанавливают ток покоя транзисторов *T10, T11* равным 30—50 мА, после чего измеряют напряжение между точками *А* и *Б* и при необходимости вновь сводят его к нулю подстроечным резистором *R5*.

Режим работы транзистора *T1* устанавливают подбором резистора *R2* по минимуму нелинейных искажений переменного напряжения, поданного на его базу (через конденсатор *C1*) от генератора сигналов звуковой частоты. В заключение замыкают накоротко вход усилителя и, изменяя сопротивление резистора *R10*, добиваются того, чтобы шумы на выходе усилителя стали минимальными.

ПСЕВДОКВАДРАФОНИЧЕСКИЕ ПРИСТАВКИ

Обычная двухканальная стереофония, завоевавшая всеобщее признание любителей высококачественного звуковоспроизведения, как известно, не лишена недостатков. К их числу относятся ограниченная площадь проявления стереоэффекта, слабая локализация звука по глубине, недостаточно полное ощущение атмосферы зала. Качество звучания стереофонических систем можно значительно улучшить с помощью специальных, так называемых псевдоквадрафонических устройств (приставок), выделяющих из стереосигнала дополнительно пространственную информацию. Такие устройства могут быть пассивными или активными. Первые не требуют каких-либо дополнительных усилителей и преобразователей фазы сигнала, однако возможности их невелики. Поэтому они в последнее время постепенно вытесняются более совершенными — активными псевдоквадрафоническими приставками, позволяющими шире использовать возможности четырехканального звуковоспроизведения. Выбору таких устройств была посвящена статья сотрудников Московского электротехнического института связи (МЭИС) В. Грязнова, Л. Резниченко и Ю. Степанова. Мы предлагаем вниманию читателей описания двух эффективных приставок из этой статьи.

Как известно, основным недостатком простейших псевдоквадрафонических приставок, использующих только разностные преобразования сигналов, является невозможность воссоздания достаточно размытого заднего звукового образа. Дело в том, что даже при правильной расстановке громкоговорителей ухо все же способно определить направление на мнимый источник звука, расположенный сзади.

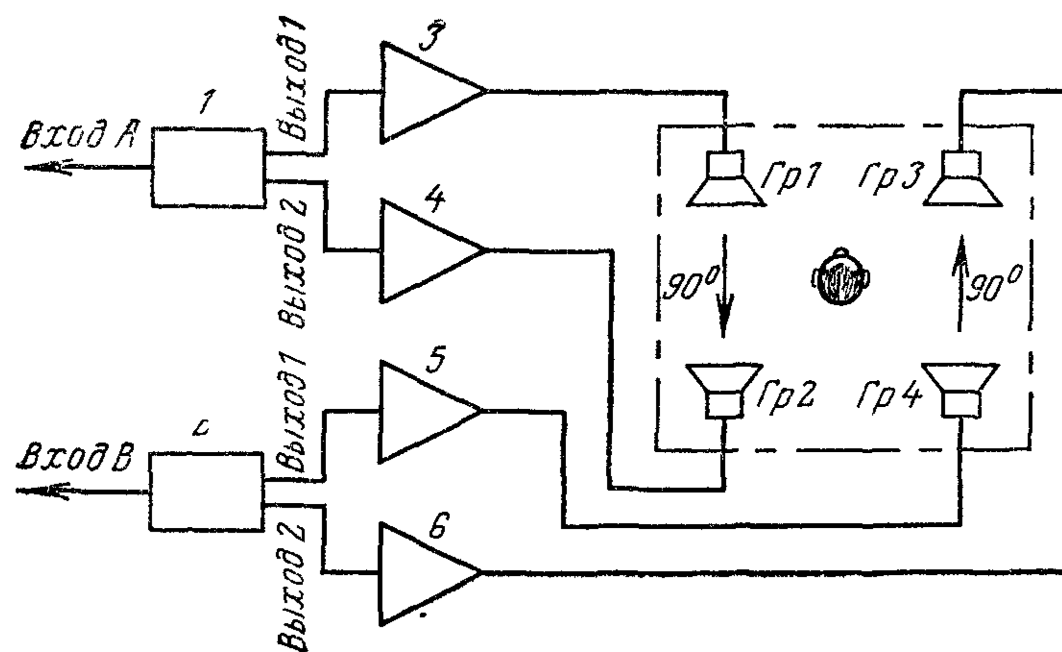


Рис. 2.12

Заметно лучшие результаты получаются при использовании в тракте устройств, создающих определенные фазовые сдвиги между сигналами, подаваемыми на фронтальные и тыловые громкоговорители.

Структурная схема одной из систем, использующих этот принцип создания псевдоквадрафонического эффекта (предложена японской фирмой «Сансуси Электроникс Корпорейшн»), показана на рис. 2.12. Здесь *1* и *2* — преобразователи сигнала, *3 — 6* — усилители мощности звуковой частоты, *Гр1, Гр3* и *Гр2, Гр4* — соответственно фронтальные и тыловые громкоговорители. На входы *А* и *В* подаются сигналы соответственно левого и правого стереоканалов, на выходах каждого из преобразователей *1* и *2* получаются по два сигнала, сдвинутых по фазе на 90°, причем этот сдвиг сохраняется в довольно широком диапазоне частот — от 100 Гц до 8 кГц. Сигналы усиливаются усилителями *3—6* и подаются на громкоговорители так, что сигнал правого (*В*) тылового канала опережает сигнал правого фронтального, а сигнал левого (*А*) тылового канала отстает от сигнала левого фронтального (на рис. 2.12 это условно показано стрелками).

Принципиальная схема одного из преобразователей сигнала этой системы (схемы одинаковы) показана на рис. 2.13. Здесь каскад на транзисторе *T2* создает сдвиг фазы снимаемого с него сигнала на 90° относи-

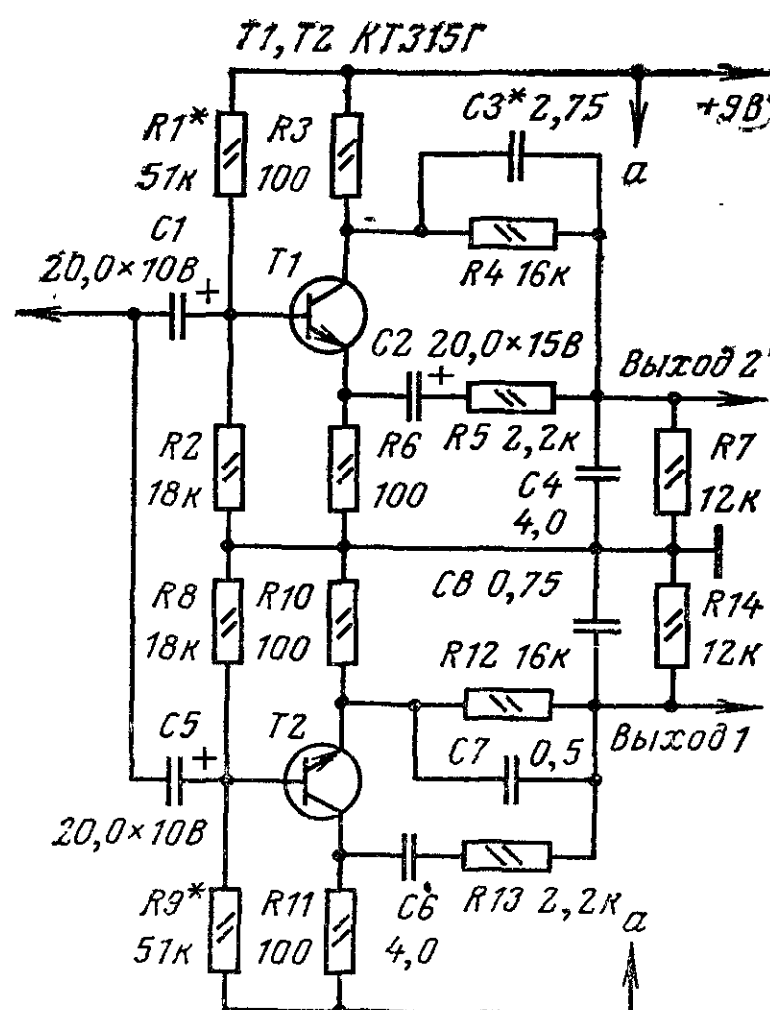


Рис. 2.13

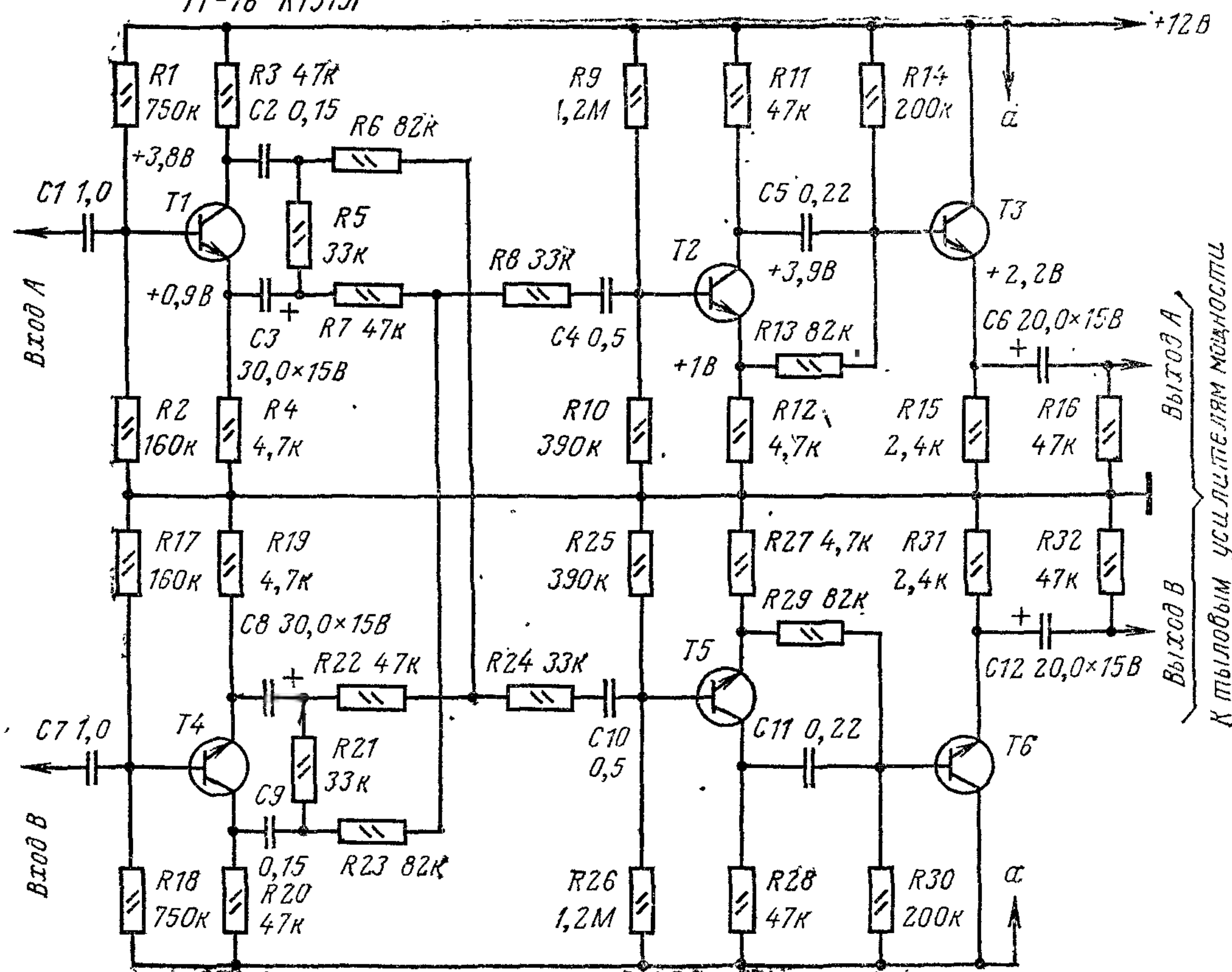


Рис. 2.14

тельно выходного сигнала каскада на транзисторе *T1* (нумерация выходов такая же, как и на рис. 2.12). Режим работы транзисторов по постоянному току устанавливают подбором резисторов *R1* и *R9*, а требуемый сдвиг фаз в диапазоне частот — подбором конденсатора *C3*.

Еще более эффективны псевдоквадрафонические приставки с так называемыми дисперсионными фазовращателями. Дело в том, что основное достоинство квадрафонических систем звуковоспроизведения — это пространственность звучания, т. е. воспроизведение атмосферы концертного зала. Получить такой же эффект в жилом помещении, только увеличив число каналов, невозможно: при псевдоквадрафоническом звуковоспроизведении степень проявления этого эффекта зависит от способа выделения разностного сигнала и закона изменения фазовых соотношений между сигналами тыловых каналов. Эту задачу решает дисперсионный фазовращатель — устройство с коэффициентом передачи 1, АЧХ которого равномерна во всем рабочем диапазоне частот, а ФЧХ описывается выражением $\varphi = -\mathrm{arctg}\,\omega\tau$ ($\omega = 2\pi f$ — круговая частота; $\tau = RC$ — постоянная времени фазового контура).

Принципиальная схема синтезатора сигналов для тыловых каналов, в котором применены дисперсионные фазовращатели и резисторные матрицы (предложен американской фирмой Си-Би-Эс), показана на рис. 2.14. Каждый канал синтезатора состоит из входного дисперсионного фазовращателя *(T1, T4)*, резисторной матрицы, осуществляющей разностные преобразования сигналов (*R5 — R7, R21 — R23*), еще одного дисперсионного фазовращателя *(T2, T5)* и эмиттерного повторителя *(T3, T6)*, согласующего фазовращатель со входом усилителя мощности соответствующего тылового канала. Подключается такая приставка к выходу стереофонического предварительного усилителя, с которого стереосигналы поступают на вход усилителей мощности фронтальных каналов.

Кроме указанных на схеме, в синтезаторе можно использовать и другие транзисторы серии КТ315, а также транзисторы серий КТ312, КТ342 и т. п. Желательно, чтобы $h_{21Э}$ транзисторов первых двух каскадов (*T1, T2, T4, T5*) был 100—150. Указанные на схеме режимы работы транзисторов контролируют высокоомным вольтметром и при необходимости корректируют подбором резисторов *R1, R18, R9* и *R26*.

Работоспособность синтезатора проверяют следующим образом. Подключив милливольтметр переменного тока к базе транзистора *T2*, подают сигнал напряжением 100 мВ вначале на вход *A*, затем на вход *B*. В первом случае напряжение сигнала на базе транзистора *T2* должно быть 23—25 мВ, во втором — 130—150 мВ. После этого милливольтметр подключают к выходу *A* и вновь проделывают то же самое. При подаче сигналов на вход *A* выходное напряжение должно быть 130—140 мВ, а при подаче на вход *B* —800—900 мВ. Аналогично проверяют и работу канала *B*. Разбаланс выходных сигналов, превышающий 2 дБ (1,26 раза), устраняют подбором резистора *R8* или *R24*.

При эксплуатации синтезатора следует помнить, что максимальное напряжение сигнала на входе не должно превышать 180 мВ при коэффициенте гармоник не более 1%.

Субъективно-статистические экспертизы показали заметное преимущество описанных здесь устройств по сравнению с псевдоквадрафоническими приставками, в которых используются только разностные преобразования сигналов. Наибольшее число экспертов (90% при прослушивании эстрадной музыки) отдали предпочтение синтезатору, выполненному по схеме на рис. 2.14. Они отмечали полноту звучания, хорошую разделимость и глубину мнимых источников звука, т. е. именно те признаки, которые свойственны квадрафонической передаче. Выяснилось также, что оптимальный уровень звукового давления, создаваемого тыловыми громкоговорителями, должен быть на 3—4 дБ ниже, чем фронтальными. Это позволяет (при одинаковых громкоговорителях) использовать в тыловых каналах усилители, мощность которых в 2—2,5 раза меньше, чем у фронтальных. Диапазон воспроизводимых частот тыловых каналов без заметного ущерба для качества звучания может быть ограничен частотами 300 и 6000 Гц, а это значит, что в тыловых громкоговорителях можно использовать среднечастотные головки, важно лишь, чтобы они создавали звуковое давление на 3—4 дБ ниже, чем фронтальные (с учетом, естественно, возможной разницы в КПД обеих пар громкоговорителей).

Несколько слов о размещении громкоговорителей в помещении прослушивания. Как известно, восприятие музыки в значительной мере определяется диффузным полем, которое создается из большого числа отражений прямого звука по всему объему концертного зала. Поэтому очень важно расположить громкоговорители в комнате так, что бы создать возможно лучшее ощущение объемности звучания. Влияние расстановки громкоговорителей относительно слушателя на размеры зоны квадраэффекта показано на рис. 2.15, из которого видно, что наибольшей она получается при размещении их по среднему варианту.

Оптимальные углы размещения фронтальных громкоговорителей по отношению к слушателю 40—70°, а тыловых — 60—80°. Тем не менее в каждом конкретном случае оптимальные углы размещения громкоговорителей относительно слушателя необходимо выбирать, исходя из размеров и интерьера комнаты. Как показывает

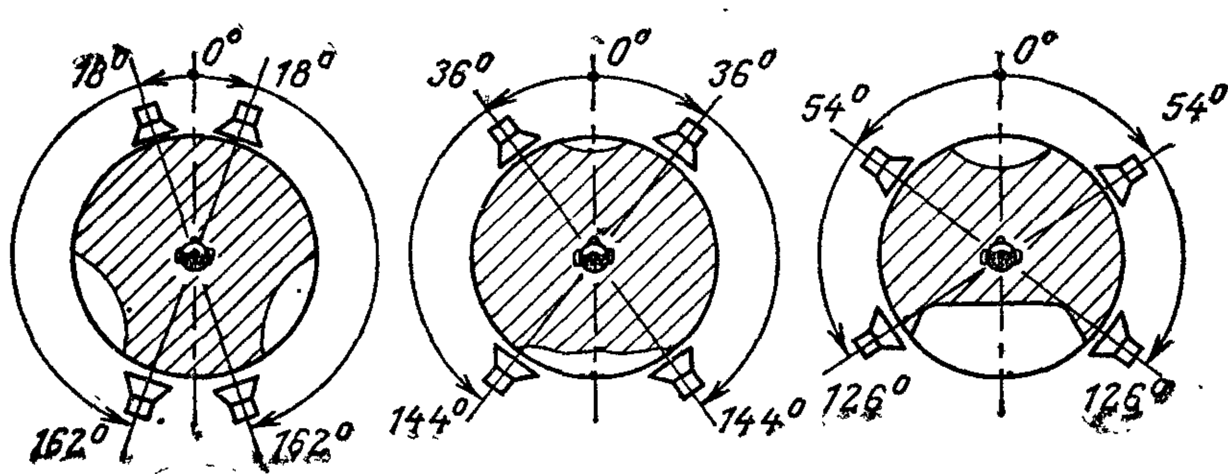


Рис. 2.15

практика, в некоторых случаях приходится даже устанавливать тыловые громкоговорители так, чтобы их акустические оси были направлены в сторону от слушателя.

ВЫХОДНОЙ КАСКАД УСИЛИТЕЛЯ ЗАПИСИ

Одинаковое магнитное воздействие на ленту во всем рабочем диапазоне частот достигается стабилизацией тока записи. Для этого последовательно с записывающей головкой включают резистор, сопротивление которого выбирают обычно примерно вдвое большим, чем ее индуктивное сопротивление на высшей частоте диапазона. Этот резистор и становится фактически нагрузкой усилителя записи, поэтому, чтобы получить требуемый ток записи, приходится увеличивать выходное напряжение усилителя в несколько раз. От этого недостатка полностью свободен способ стабилизации тока записи, основанный на использовании в выходном каскаде усилителя источника тока.

Принципиальная схема такого каскада (предложена московским радиолюбителем С. Пашининым) показана на рис. 2.16. Он предназначен для работы с предварительным усилителем, обеспечивающим необходимые предыскажения сигнала и выходное напряжение 50 мВ на частоте 400 Гц. Собственно выходной каскад выполнен на транзисторе *Т2.* В его коллекторную цепь включен источник тока на полевом транзисторе *Т1,* что эквивалентно применению нагрузочного резистора очень большого (сотни килоом) сопротивления. Благодаря этому каскад оказывается нагруженным лишь головкой записи, и практически вся переменная составляющая коллекторного тока транзистора *Т2* течет через нее.

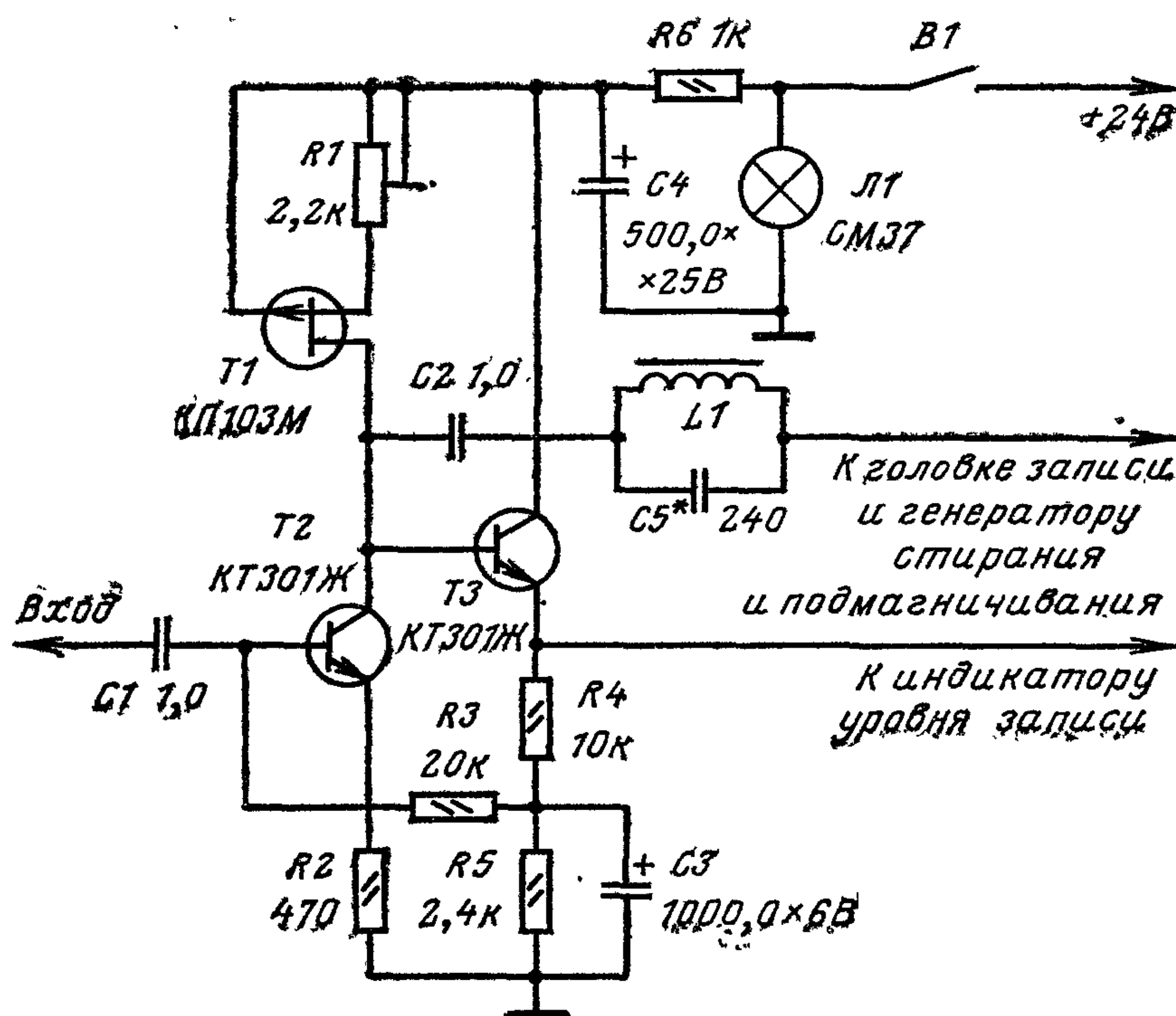


Рис. 2.16

Иначе говоря, ток записи во всем рабочем диапазоне частот поддерживается неизменным (естественно, при неизменном напряжении сигнала на входе).

Фильтр, состоящий из резистора *R6* и конденсатора *С4* (его емкость может быть от 200 мкФ и выше), устраняет импульсные токи, которые, не будь этого фильтра, могли бы возникать из-за заряда и разряда конденсатора *С2* (через головку записи) в моменты включения и выключения питания. Для исключения постоянного тока, намагничивающего головку записи (он увеличивает шумы фонограммы), конденсатор *С2* должен обладать минимальным током утечки. Лучше всего использовать керамический конденсатор, например типа КМ.

Что касается эмиттерного повторителя на транзисторе *Т3*, то он устраняет влияние индикатора уровня записи на выходную цепь усилителя. Во избежание заметного шунтирования эмиттерной цепи транзистора *Т3* входное сопротивление индикатора должно быть не менее 20 кОм.

Вместо указанных на схеме транзисторов КТ301Ж в каскаде можно использовать любые кремниевые транзисторы этой структуры со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$ не менее 30 и допустимым напряжением между коллектором и эмиттером не менее 20 В (подойдут транзисторы КТ301А, КТ301Е, КТ312Б, КТ315Г и т. п.). Источником тока может быть полевой транзистор серии КП102 или КП103 с индексами К, Л или М.

Налаживание такого выходного каскада сводится к установке (подстроечным резистором *R1*) на коллекторе транзистора *Т2* постоянного напряжения, равного половине напряжения на конденсаторе *С4.* Если есть осциллограф и генератор сигналов звуковой частоты, сопротивление введенной части резистора *R1* подбирают таким, чтобы при чрезмерном увеличении сигнала на входе каскада обе полуволны выходного сигнала ограничивались одновременно. Фильтр-пробку *L1C5* настраивают как обычно — на частоту генератора тока стирания и подмагничивания.

Описываемый каскад был испытан с унифицированной магнитной головкой 6Д24Н, индуктивность которой примерно 55 мГн, ток записи 0,1 мА, а полное сопротивление на частоте 16 кГц около 5,5 кОм. Выходное напряжение, необходимое для получения требуемого (0,1 мА) тока записи составило 0,55 В, в то время как каскад способен без искажений усиливать сигнал до 5,5 В. Таким образом, при использовании упомянутой головки подъем АЧХ предварительного усилителя записи (для создания предыскажений) может достигать 20 дБ.

Если необходим иной ток записи $I_{зап}$, требуемое входное напряжение $U_{вх}$ определяют по формуле $U_{вх} = I_{зап} R_2$. В небольших пределах (до ±50%) ток записи можно регулировать подбором резистора *R2.*

ШУМОПОДАВИТЕЛЬ ДОЛБИ

К числу наиболее эффективных шумопонижающих устройств относятся, как известно, шумоподавители Долби, принцип действия которых основан на сжатии динамического диапазона высокочастотных составляющих сигнала при записи (на слух это воспринимается как подъем высоких частот) и соответствующем расширении его при воспроизведении. К сожалению, широкому применению таких шумоподавителей в любительской звукозаписи препятствует их относительная сложность. Однако эти же устройства значительно упрощаются при использовании специальных многофункциональных интегральных микросхем. Именно по такому пути пошел новочеркасский радиолюбитель В. Буравлев, применивший в своем шумоподавителе гибридную интегральную микросхему К2СС842А. Ему удалось соз-

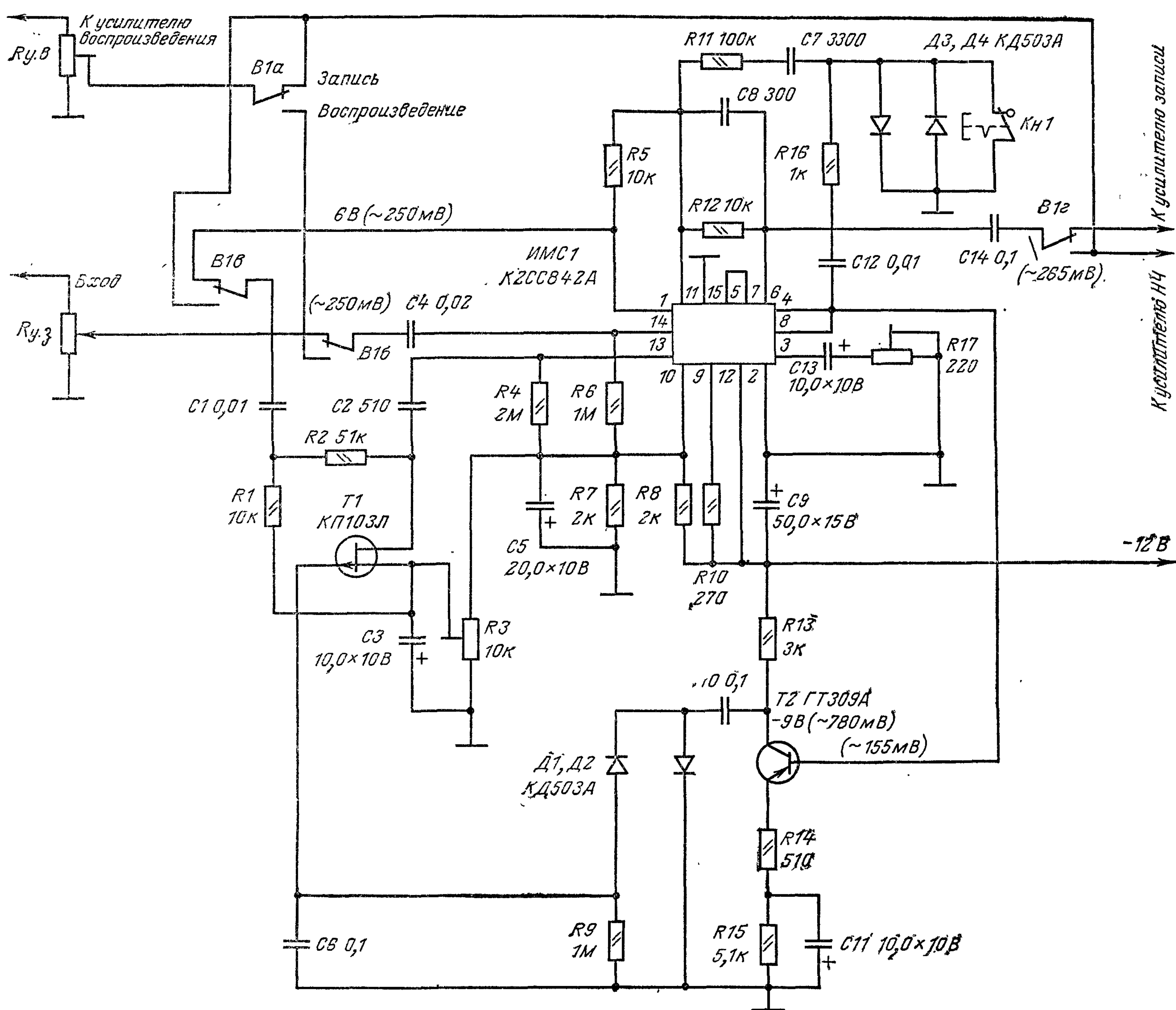


Рис. 2.17

дать содержащее сравнительно небольшое число деталей, несложное в налаживании устройство, которое можно и встроить в магнитофон, и использовать в качестве приставки практически к любому магнитофону.

Рабочий диапазон частот шумоподавителя 10—50 000 Гц, шумоподавление на частотах выше 1600 Гц не менее 10 дБ, уровень собственных шумов не более —68 дБ. Максимальная погрешность восстановления АЧХ на частоте 10 кГц при уровне входного сигнала —30 дБ не превышает 3 дБ. Коэффициент передачи устройства при номинальном входном напряжении 250 мВ равен 1. Входное и выходное сопротивления соответственно 1 МОм и 100 Ом. Потребляемый от источника питания ток около 9 мА.

Принципиальная схема шумоподавителя показана на рис. 2.17. Однако, прежде чем описывать его работу, несколько слов об интегральной микросхеме К2СС842А. В ней объединены четыре функционально законченных устройства: сложный истоковый повторитель, аналогичное по схеме устройство с незамкнутой петлей ООС (с внешней ООС его можно использовать как неинвертирующий усилитель с коэффициентом усиления до 200), инвертирующий усилитель с коэффициентом усиления до 3000 и эмиттерный повторитель. Входные каскады первых трех устройств выполнены на полевых транзисторах, что обеспечивает высокое входное сопротивление и низкий уровень шумов.

В режиме записи (кнопка *Кн1* в правом по схеме положении, переключатель *В1* в положении, показанном на схеме) напряжение звуковой частоты с регулятора уровня записи $R_{у.з}$ поступает на вход одного из истоковых повторителей интегральной микросхемы *ИМС1* (вывод *14*), который вместе с инвертирующим усилителем (вход — вывод *11*, выход — вывод *6*) образует основной канал шумоподавителя. Коэффициент передачи инвертирующего усилителя, определяемый сопротивлениями резисторов *R5* и *R12*, в данном случае (*R5*=*R12*) составляет 1. Сигнал с выхода усилителя через конденсатор *С14* и замкнутые в этом режиме работы контакты переключателя *В1г* подается на вход оконечного каскада усилителя записи магнитофона.

Остальные два устройства интегральной микросхемы *ИМС1* — неинвертирующий усилитель (вход — вывод *13*, выход — вывод *5*) и эмиттерный повторитель (выводы *7* и *8*) — использованы в канале дополнительной обработки сигнала. На его вход сигнал поступает с истокового повторителя основного канала через

фильтр верхних частот *R1C1* с частотой среза 1,6 кГц и управляемый делитель напряжения, состоящий из резистора *R2* и сопротивления канала полевого транзистора *T1*. Сигнал с выхода этого канала подается на вход инвертирующего усилителя основного канала.

Коэффициент передачи управляемого делителя напряжения зависит от уровня высокочастотных составляющих сигнала. Если уровень менее —36 дБ, сопротивление канала полевого транзистора *T1* велико (на его исток подано отрицательное напряжение с движка подстроечного резистора *R3*) и коэффициент передачи делителя максимален (близок к единице). С ростом же уровня высокочастотных составляющих коэффициент передачи делителя уменьшается, так как на затвор транзистора *T1* поступает все большее отрицательное напряжение с выхода устройства, состоящего из усилителя на транзисторе *T2* и выпрямителя по схеме удвоения на диодах *Д1* и *Д2*. При увеличении уровня этих составляющих выше —20 дБ сопротивление канала транзистора *T1* снижается настолько, что коэффициент передачи управляемого делителя уменьшается почти до нуля, и канал дополнительной обработки практически перестает влиять на сигнал в основном канале. Иными словами, для больших сигналов коэффициент передачи устройства равен 1, а для малых — значительно больше. В данном случае подъем усиления при малых уровнях сигнала составляет 10 дБ (3,16 раза). Чтобы получить именно такой подъем, канал дополнительной обработки сигнала должен иметь коэффициент передачи *K*, определенный из соотношения $K=R_{11}(K_м-K_б)/R_{12}$, где $K_б$ и $K_м$ — соответственно коэффициенты передачи большого и малого сигналов. При $K_м=3{,}16$, $K_б=1$ и сопротивлениях резисторов *R11, R12,* указанных на схеме, коэффициент передачи канала дополнительной обработки сигнала должен быть равен 21,6. При налаживании этого добиваются подстроечным резистором *R17*.

Перегрузку канала дополнительной обработки, возникающую из-за инерционности выпрямителя на диодах *Д1, Д2* при очень быстрых изменениях входного сигнала, уменьшает амплитудный ограничитель, выполненный на встречно-параллельно включенных диодах *Д3, Д4*. Для эффективной работы этого устройства (а оно начинает ограничивать сигнал начиная с 300 мВ) необходимо, чтобы уровень ограничения был несколько выше напряжения в канале дополнительной обработки. Наибольшее же напряжение в этом канале при указанных выше номинальном входном напряжении и коэффициенте передачи составляет 155 мВ. Это означает, что перегрузка канала дополнительной обработки не превышает двух-трехкратной.

При воспроизведении (переключатель *B1* в нижнем — по схеме — положении, кнопка *Кн1* в прежнем) шумоподавитель включается между линейным выходом магнитофона и входом усилителя мощности звуковой частоты. Номинальный входной сигнал (250 мВ) устанавливают переменным резистором $R_{у.в}$. В канал дополнительной обработки подается напряжение звуковой частоты с выхода инвертирующего усилителя (вывод *6*) основного канала, поэтому при малых уровнях сигнала коэффициент передачи шумоподавителя оказывается на 10 дБ меньше, чем при сигналах с номинальным уровнем.

Работа шумоподавителя в режимах записи и воспроизведения иллюстрируется рис. 2.18 (АЧХ при разных уровнях входного сигнала) и рис. 2.19 (амплитудные характеристики). Как видно из последнего рисунка, результирующая (Σ) амплитудная характеристика имеет небольшую нелинейность, однако на слух эти искажения сигнала практически не заметны.

Конструкция и детали. Шумоподавитель смонтирован на печатной плате (рис. 2.20) из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Все детали малогабаритные: резисторы — МЛТ-0,125 (МЛТ-0,25; ВС-0,125) и СП3-1б; конденсаторы — КЛС *(С2, С4, С7, С12)*, БМ *(С1, С6, С10)*, КТ *(С8)*, КМ *(С14)* и К50-6 (остальные). Сопротивления резисторов *R5* и *R12* не должны отличаться более чем на ±1%. Полевой транзистор необходимо подобрать по напряжению отсечки, которое должно находиться в пределах 2,6—3,6 В. Биполярный транзистор должен быть германиевым (структуры *p-n-p*) с $h_{21Э} \geqslant 30$. Диоды *Д1—Д4* — любые кремниевые высокочастотные. Сопротивления резисторов $R_{у.в}$ и $R_{у.з}$ выбирают из условия согласования с выходными сопротивлениями соответственно усилителя воспроизведения магнитофона и источника записываемого сигнала. При работе на усилитель мощности с входным сопротивлением менее 100 кОм емкость конденсатора *С14* необходимо увеличить.

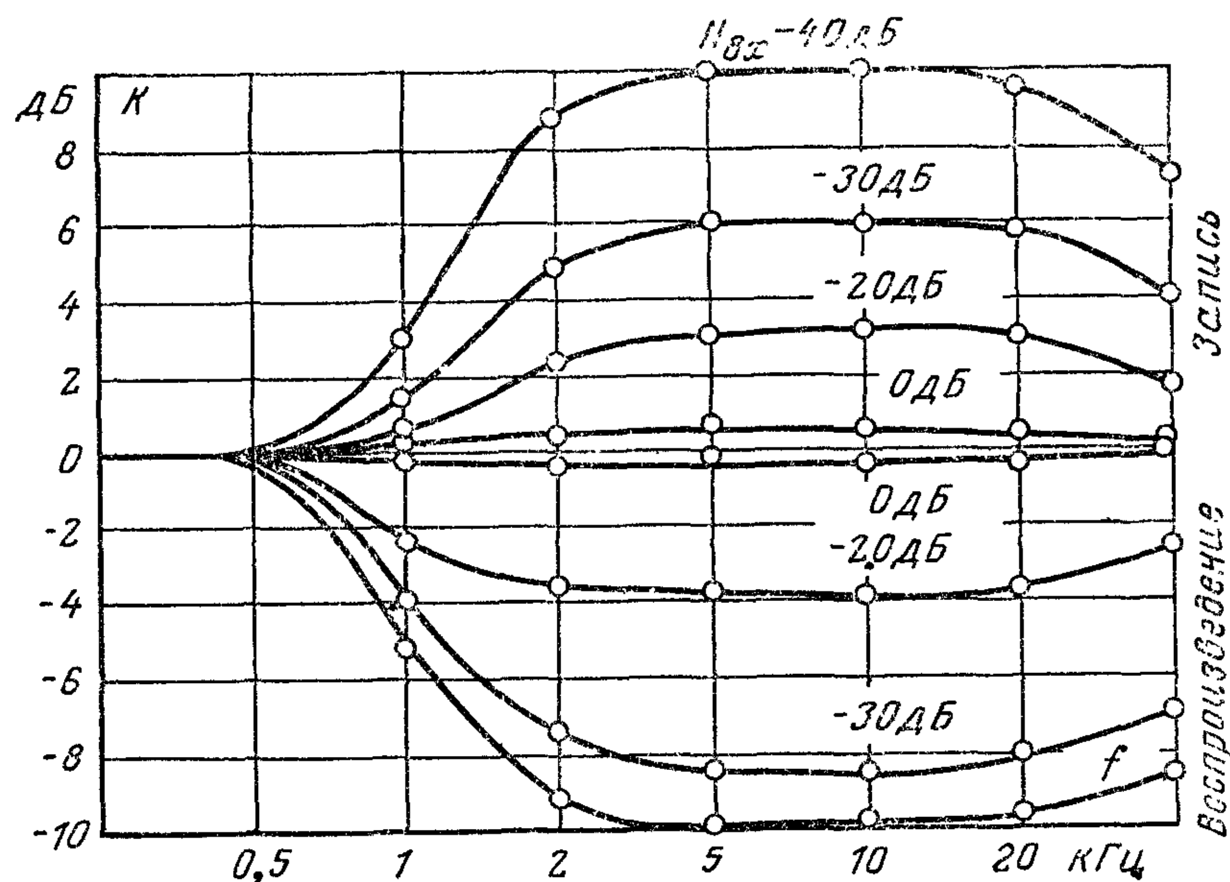


Рис. 2.18

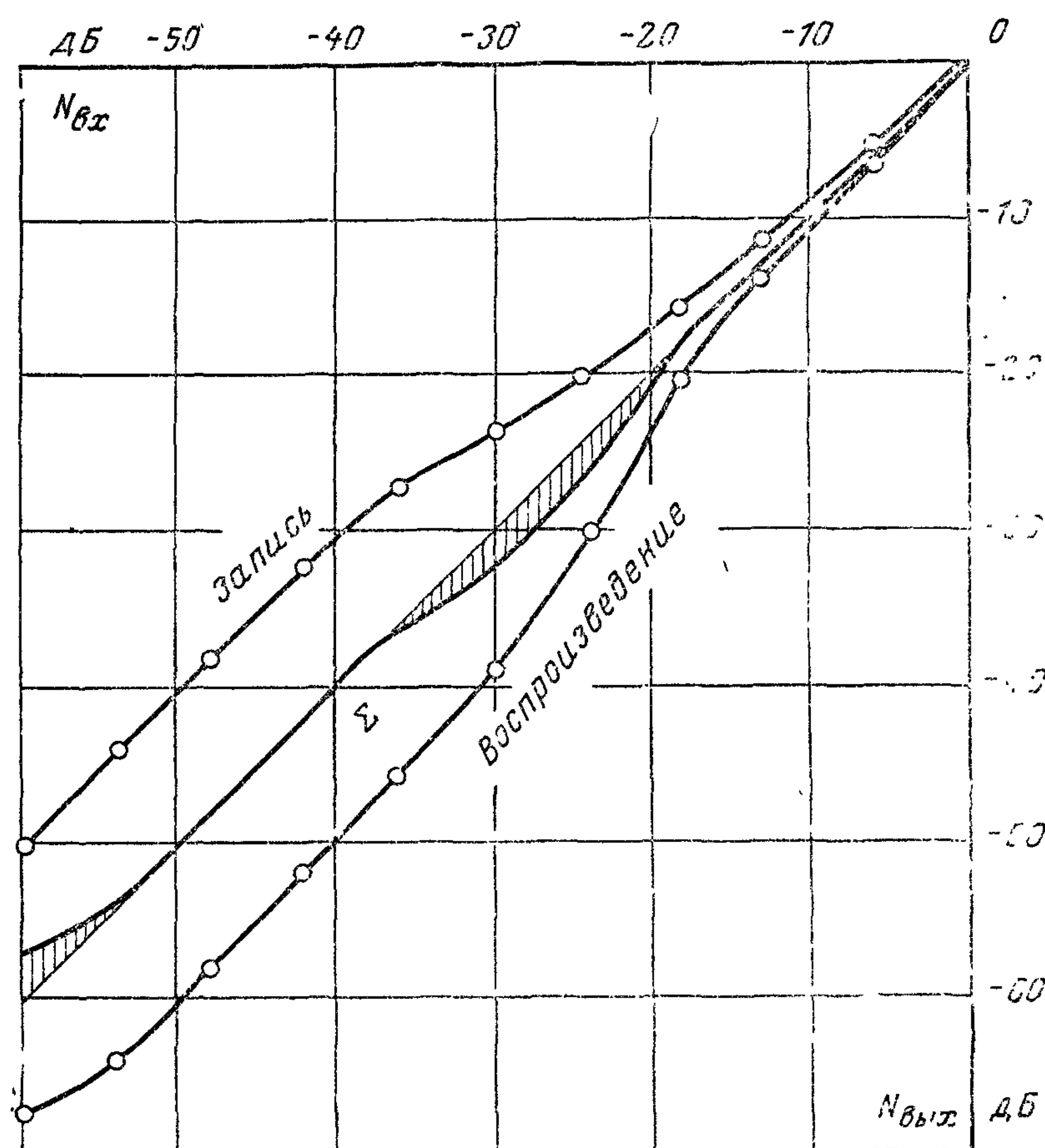


Рис. 2.19

Налаживание шумоподавителя можно вести в режиме как воспроизведения, так и записи. В обоих слу-

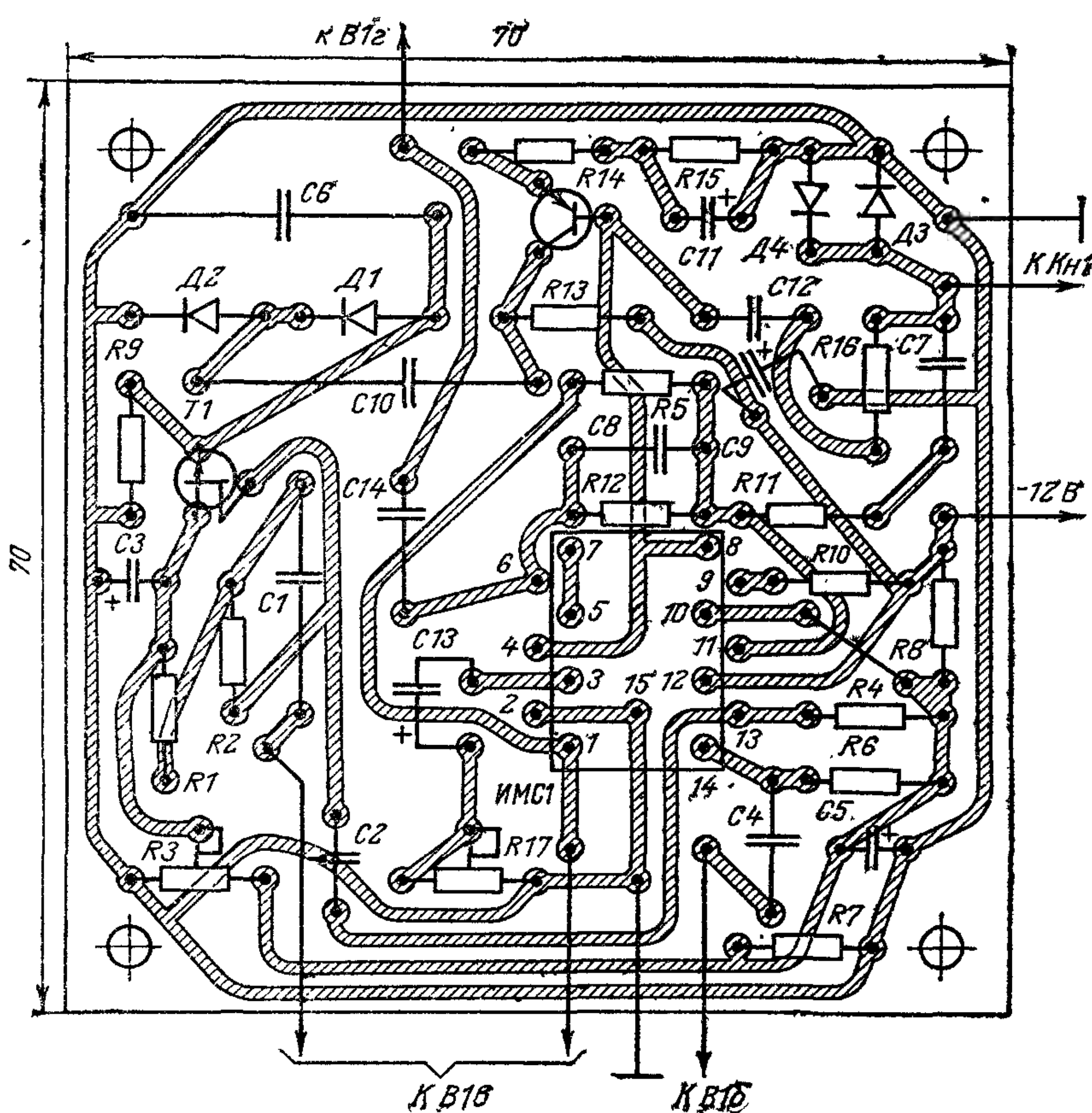


Рис. 2.20

чаях на его вход (через конденсатор *С4*) подают сигнал частотой 5—10 кГц и контролируют выходное напряжение (после конденсатора *С14*) милливольтметром переменного тока, желательно со шкалой децибел (например, В3-38), при замкнутом накоротко конденсаторе *С6*. В режиме воспроизведения выходное напряжение устанавливают равным 25 мВ (—20 дБ от номинального уровня) и нажимают кнопку *Кн1*. При этом выходное напряжение должно уменьшиться. Минимума напряжения добиваются подстроечным резистором *R3* (его движок поворачивают до тех пор, пока оно не перестанет уменьшаться). Затем подстроечным резистором *R17* устанавливают выходное напряжение равным 7,9 мВ (—30 дБ). После такой регулировки напряжение сигнала, поступающего из канала дополнительной обработки на инвертирующий усилитель (на диодах *Д3*, *Д4*), составит 165—175 мВ. В режиме записи вначале устанавливают выходное напряжение 7,9 мВ, а потом нажимают кнопку *Кн1*. В этом случае выходное напряжение должно возрасти. Максимальное его значение устанавливают тем же подстроечным резистором *R3*, движок которого поворачивают до тех пор, пока рост напряжения не прекратится. Добившись этого, подбирают такое сопротивление резистора *R17*, при котором выходное напряжение равно 25 мВ.

Наладив шумоподавитель, снимают перемычку с конденсатора *С6*, проверяют режимы по переменному току, подав на вход сигнал напряжением 250 мВ и частотой 5—10 кГц, а затем снимают амплитудные и амплитудно-частотные характеристики.

Регулировка усилителя записи магнитофона сводится к следующему. Установив регулятор уровня записи в положение, соответствующее максимальному усилению, подают на вход усилителя сигнал напряжением 250 мВ и частотой 400 Гц. Выключив шумоподавитель (вернув кнопку *Кн1* в положение, показанное на схеме), изменяют коэффициент усиления усилителя так, чтобы получить номинальный уровень записи по заранее отрегулированному индикатору уровня. Сигнал с таким уровнем записывают 10—20 с, а затем воспроизводят, и, перемещая движки резистора $R_{у.в}$, устанавливают напряжение на входе шумоподавителя, равное 250 мВ. После такой регулировки коэффициент передачи в канале записи-воспроизведения станет равным 1.

ПОДАВИТЕЛЬ ПОМЕХ ДЛЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОФОНА

Одним из важных параметров электропроигрывающего устройства (ЭПУ) является, как известно, уровень механических помех от вибраций механизма. Особенно заметны такие помехи в устройствах с приводом диска через обрезиненный ролик, в частности в ЭПУ G-600В (производства ПНР), IЭПУ-73С и т. п. В этих ЭПУ вибрационные помехи обычно снижают проточкой обрезиненного ролика и насадки на валу электродвигателя, более мягкой подвеской последнего на несущей панели, демпфированием резонирующих поверхностей. Однако только этих мер порой бывает недостаточно, поэтому наряду с доработкой механизма целесообразно использовать и чисто электрические методы борьбы с помехами в тракте проигрывателя.

Эти методы основаны на том, что амплитуда вертикальной составляющей помех от вибраций механизма и дефектов грампластинки (царапин, микротрещин) значительно превышает амплитуду горизонтальной составляющей. При воспроизведении стереофонической записи горизонтальные колебания иглы звукоснимателя превращаются в синфазные сигналы на выходах головки, а вертикальные — в противофазные. Учитывая, что стереоэффект проявляется на частотах выше 400 Гц, а частота вибраций обычно не превышает 100 Гц, можно значительно ослабить помехи от механизма (почти не ухудшив стереоэффект), подавив противофазные составляющие сигнала и помех, частота которых ниже 400 Гц. Наиболее просто этот метод реализуется в стереосистемах с общим каналом низших частот, в обычном же стереотракте приходится применять специальные устройства, например двухканальный фильтр, описанный в одном из английских журналов (Wireless World, 1975, October, p. 474). Такой фильтр подавляет противофазные сигналы частотой до 200 Гц и беспрепятственно пропускает составляющие более высоких частот (синфазных составляющих низких и инфранизких частот он не устраняет, поэтому не заменяет фильтров верхних частот, обычно применяемых для их подавления).

Примером использования двухканального фильтра может служить комбинированный подавитель помех (кроме фильтра он содержит устройство шумопонижения в паузах), разработанный московским радиолюбителем А. Соколовым для электропроигрывателя «Вега-106-стерео». Противофазные составляющие частотой 100 Гц подавляются на 11 дБ, а помехи в паузах — на 25—27 дБ. Номинальный уровень сигнала 250 мВ, коэффициент передачи 0,8—0,85 в зависимости от сопротивления нагрузки. Переходное затухание между каналами фильтра на частотах 0,5 и 5 кГц соответственно 11 и 31 дБ.

Принципиальная схема комбинированного подавителя помех показана на рис. 2.21. На транзисторах *Т1* и *Т2* собран фильтр подавления противофазных составляющих, на операционном усилителе (ОУ) *ИМС1* и транзисторах *Т3* — *Т5* — подавитель помех в паузах. Каждый из каналов фильтра представляет собой активный ФВЧ с частотой среза 200 Гц. При замкнутых контактах кнопки *Кн1* противофазные составляющие сигнала, частота которых ниже 200 Гц, компенсируют одна другую. Если же контакты кнопки разомкнуты, элементы ФВЧ *R5, С1, С3* и *R6, С2, С4* шунтируются соответственно резисторами *R1, R3* и *R2, R4*, и каскады на транзисторах *Т1* и *Т2* превращаются в обычные эмиттерные повторители.

С выхода фильтра подавления противофазных составляющих (эмиттеры транзисторов *Т1* и *Т2*) сигналы

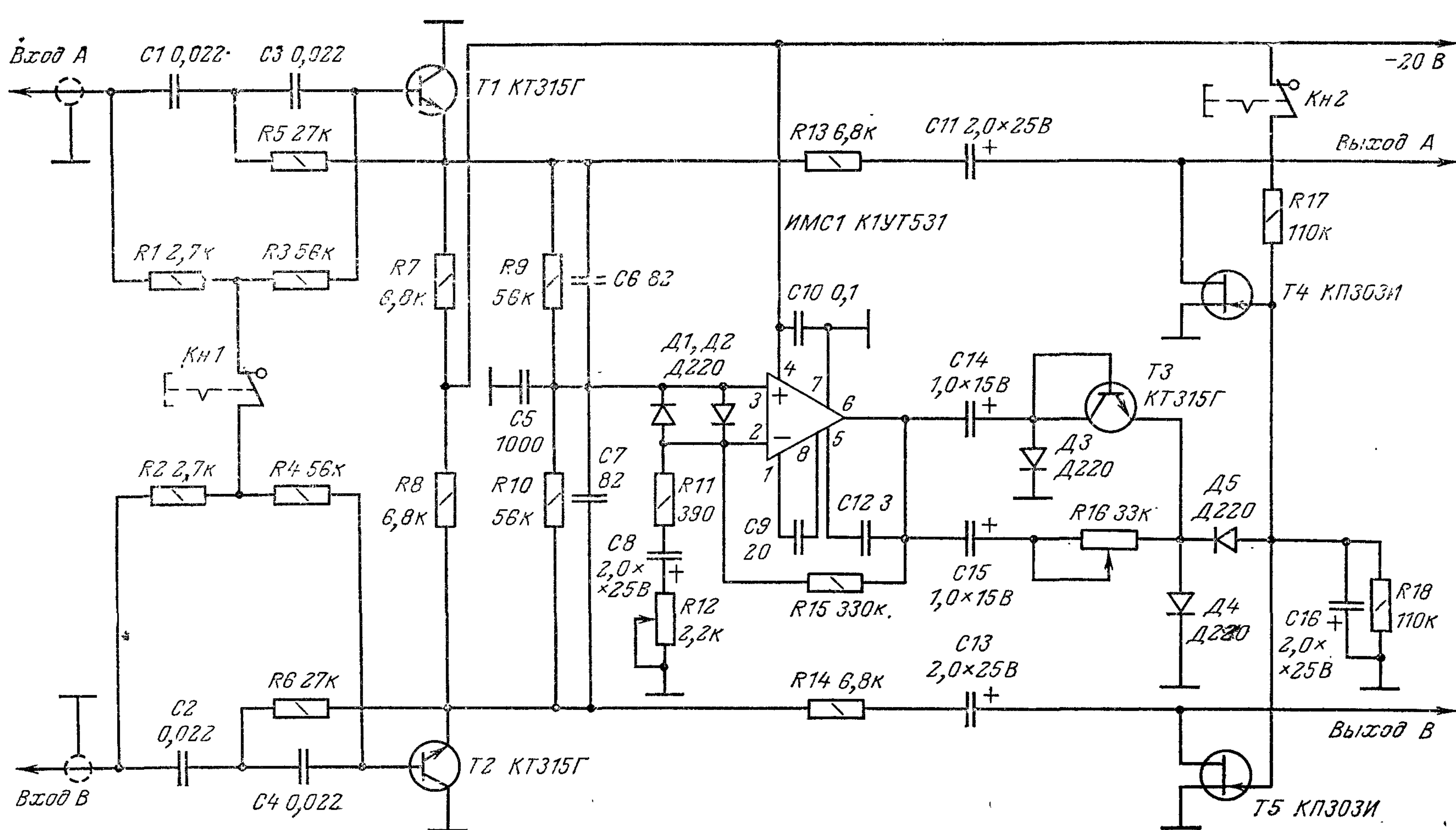


Рис. 2.21

левого и правого каналов поступают в подавитель помех в паузах, состоящий из непосредственно подключенных к выходу двух управляемых делителей (резисторы *R13*, *R14* и сопротивления каналов полевых транзисторов *Т4*, *Т5*), усилителя-ограничителя на ОУ *(ИМС1)* и выпрямителя на диодах *Д3 — Д5* с нелинейной интегрирующей цепью *С14 — С16, R16, R18, Т3*. Сигнал на вход усилителя-ограничителя поступает с выхода фильтра через резисторы *R9* и *R10*. Амплитудный ограничитель, выполненный на встречно-параллельно включенных диодах *Д1* и *Д2*, ограничивает дифференциальное напряжение на входах ОУ *(ИМС1)*. Усиленный интегральной микросхемой сигнал выпрямляется диодами *Д3 — Д5*, и постоянная составляющая с нагрузки выпрямителя (резистора *R18*) поступает на затворы транзисторов *Т4, Т5*, куда подается также и постоянное напряжение с делителя *R17, R18*. Транзистор *Т3* использован в качестве стабилитрона с напряжением стабилизации 7—8 В.

Коэффициент усиления ОУ *(ИМС1)* выбран таким, чтобы при отсутствии сигнала напряжение помех на его выходе не превышало напряжения пробоя эмиттерного перехода транзистора *Т3*. Благодаря этому при появлении помех конденсаторы *С15* и *С16* заряжаются через резистор *R16*. Изменяя его сопротивление, время заряда подбирают таким, чтобы за паузу конденсаторы не успели зарядиться до напряжения, при котором сопротивления каналов транзисторов *Т4* и *Т5* становятся большими. При указанных на схеме сопротивлениях резисторов *R13*, *R14* и выбранном начальном смещении на затворах транзисторов *Т4, Т5* ослабление помех в паузах управляемыми делителями напряжения достигает 30 дБ.

При появлении даже небольшого полезного сигнала в одном из каналов выходное напряжение ОУ становится достаточным для пробоя эмиттерного перехода транзистора *Т3*. В результате конденсатор *С16* быстро заряжается через него и диод *Д5* до напряжения, при котором сопротивления каналов полевых транзисторов возрастают во много раз. В результате коэффициент передачи управляемых делителей резко увеличивается, и стереосигналы почти беспрепятственно проходят на вход усилителя звуковой частоты. Время восстановления подавителя помех по окончании сигнала определяется постоянной времени цепи *R18C16*.

Конструкция и детали. В подавителе помех можно использовать любые кремниевые транзисторы структуры *n-p-n* с $h_{21Э} \geqslant 50$ и $U_{КЭ} \geqslant 20$ В. В качестве стабилитрона кроме транзистора серии КТ315 можно применить транзистор КТ316 или маломощный стабилитрон с напряжением стабилизации 5—7 В (КС147А, КС156А, КС168А). Вместо транзисторов КП303И можно брать другие транзисторы с *n*-каналом и напряжением отсечки не более 5—6 В. Операционный усилитель К1УТ531 может быть с любым буквенным индексом. Переменные резисторы *R12* и *R16* — СП3-4аМ.

Все детали подавителя помех, кроме кнопок и переменных резисторов, смонтированы на небольшой печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. Она установлена на том месте, где до переделки размещалась плата блока коммутации выходов (он исключен). Освободившийся кнопочный переключатель использован для включения и выключения описываемого устройства (*Кн1* и *Кн2*). Звукосниматель проигрывателя соединен непосредственно с входом предварительного усилителя-корректора, а выход последнего — с входом подавителя помех. При доработке резисторы *R5, R18* в каналах усилителя-корректора замкнуты накоротко проволочными перемычками. Для питания подавителя помех использован блок питания, имеющийся в проигрывателе. Оси переменных резисторов *R12* и *R16* выведены на переднюю панель проигрывателя.

Налаживание фильтра производят при прослушивании немой канавки грампластинки (лучше измерительной). Оно сводится к подбору такого усиления в одном из каналов предварительного усилителя-корректора, чтобы противофазные составляющие помех стали одинаковыми и взаимно компенсировались в фильтре при замкнутых контактах кнопки *Кн1*.

После этого полностью вводят сопротивление резистора *R16* и, изменяя сопротивление резистора *R12*, устанавливают такой порог срабатывания подавителя помех в паузах, при котором шумы в паузах между фонограммами пропадают. Затем уменьшают сопротивление резистора *R16* до тех пор, пока не начнут прослушиваться наиболее громкие щелчки и трески.

При прослушивании грамзаписей одного жанра (например, только эстрадных или только симфонических программ) повторной регулировки подавителя помех, как правило, не требуется. Более тщательная регулировка может понадобиться лишь при проигрывании старых пластинок, когда уровень импульсных помех очень часто превышает минимальный уровень полезного сигнала. В подобном случае приходится идти на компромисс между желаемым подавлением помех, с одной стороны, и минимальным подавлением полезного сигнала, с другой.

Описанное устройство можно применить и в других проигрывателях, в частности в электрофоне «Аккорд-001». В этом аппарате его включают вместо конденсаторов *С23* и *С24* усилителя-корректора УНЧЗ-2, т. е. подключают входы к коллекторам транзисторов *Т9, Т10*, а выходы к резисторам *R45, R46*, сопротивления которых увеличивают до 51—68 кОм (все обозначения даны по схеме электрофона, опубликованной в «Радио», 1973, № 11, с. 26, 27). Критерием правильности режимов устройства по постоянному току в этом случае является напряжение на выходе ОУ *(ИМС1)*, примерно равное половине напряжения питания (в «Аккорде-001» 22 В). Если же это не так, то нужный режим работы устанавливают подбором резисторов *R35, R37* в усилителе-корректоре.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ

Совершенствование бытовой звуковоспроизводящей радиоаппаратуры в последнее десятилетие идет в основном по пути улучшения качества ее звучания, а оно, как известно, во многом зависит от параметров оконечного звена любого такого устройства — громкоговорителя. Освоение и серийный выпуск отечественной промышленностью новых динамических головок прямого излучения значительно расширили возможности радиолюбителей в конструировании громкоговорителей с высокими техническими характеристиками. Примером может служить малогабаритный двухполосный громкоговоритель, разработанный известными московскими радиолюбителями С. Батем и В. Срединским. За эту конструкцию им была присуждена поощрительная премия на конкурсе «Октябрь-60».

В качестве излучателя низких частот в громкоговорителе применена динамическая головка 10ГД-34, высоких — головка 2ГД-36. Низкочастотное звено устройства выполнено в виде фазоинвертора, настроенного на частоту 55 Гц. Номинальная мощность громкоговорителя 10 Вт, максимальная — 25 Вт. Номинальный диапазон воспроизводимых частот 55—20 000 Гц, неравномерность АЧХ по звуковому давлению (рис. 2.22) в этом диапазоне не превышает 8 дБ (характеристика снята на расстоянии 1 м при подводимой электрической мощности 1 Вт; за нулевой принят уровень 82 дБ). Номинальное электрическое сопротивление 4 Ом.

Принципиальная схема громкоговорителя показана на рис. 2.23, а устройство его акустического оформления — на рис. 2.24. Корпус изготовлен из березовой фанеры толщиной 10 мм. Его боковые *1*, верхняя *4* и нижняя *5* стенки соединены «в шип» клеем ПВА. Изнутри к ним приклеены рамки из березовых брусков *9* сечением 20×20 мм, к которым прикреплены передняя *2* и задняя *6* стенки: первая из них шурупами (использованы отверстия диаметром 4 мм) через фетровую прокладку *12* толщиной 2—3 мм, вторая — тем

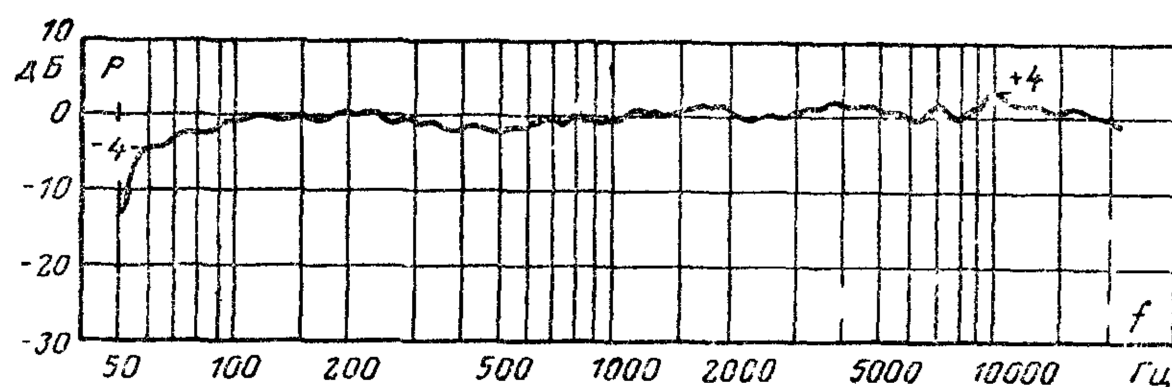


Рис. 2.22

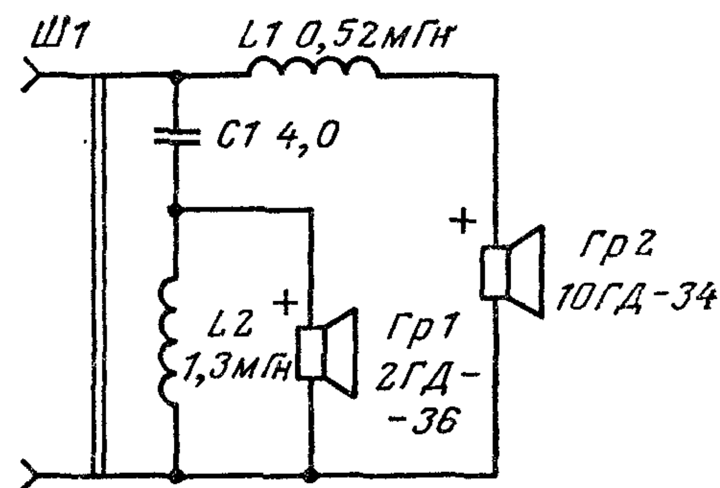


Рис. 2.23

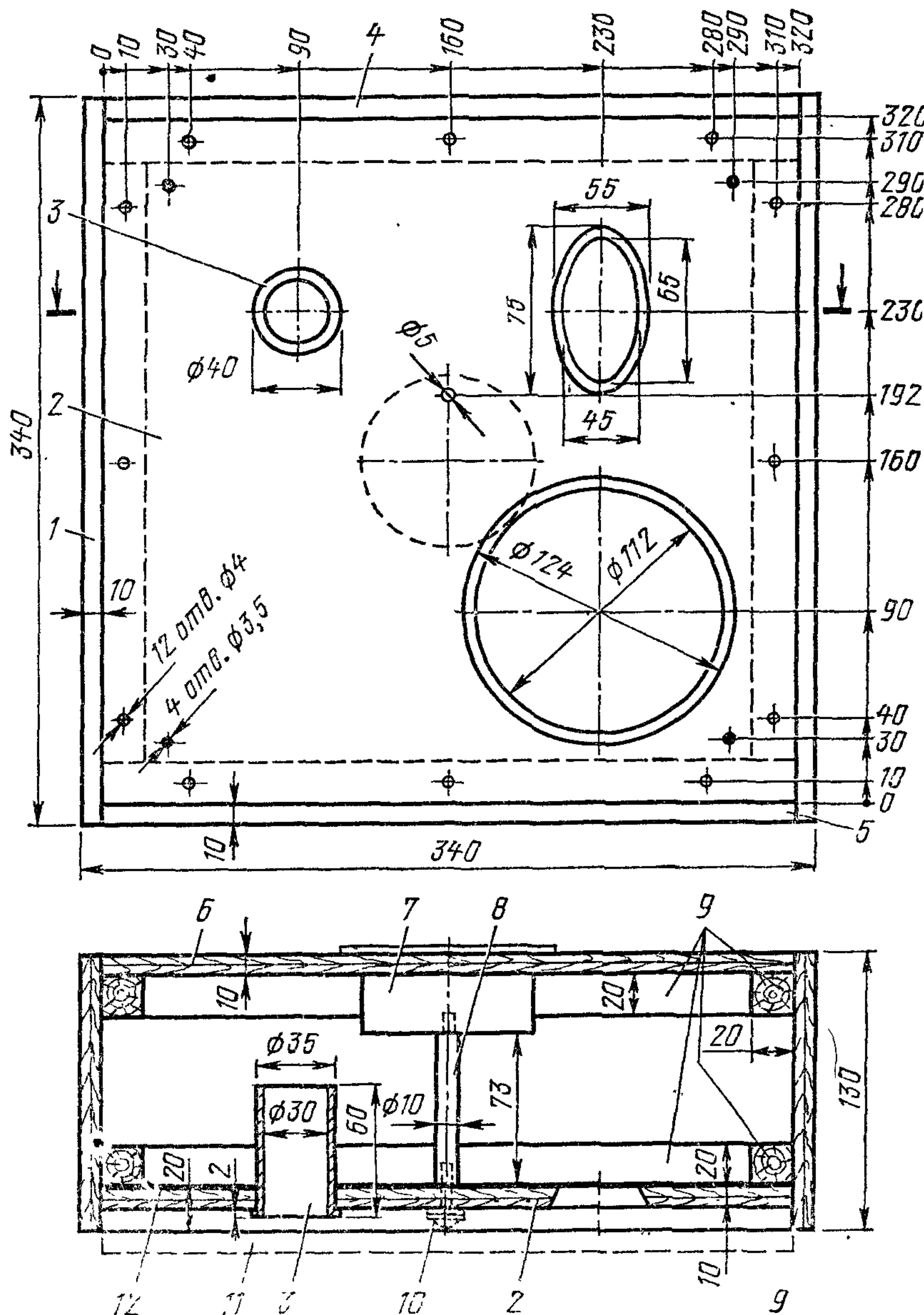
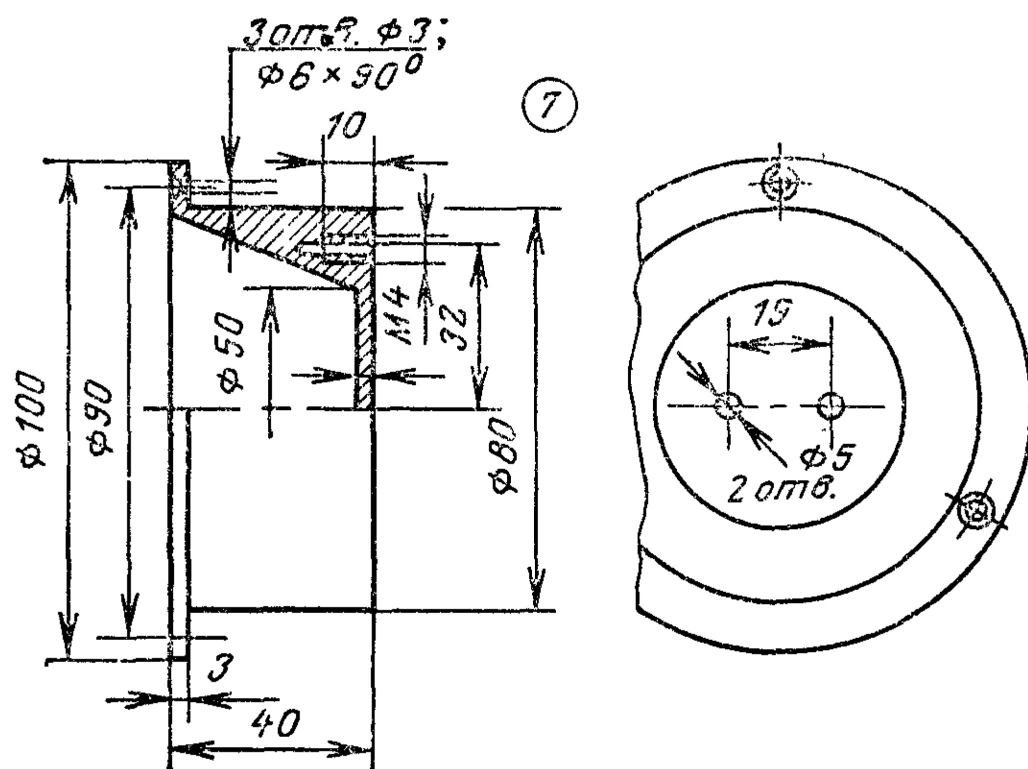


Рис. 2.24



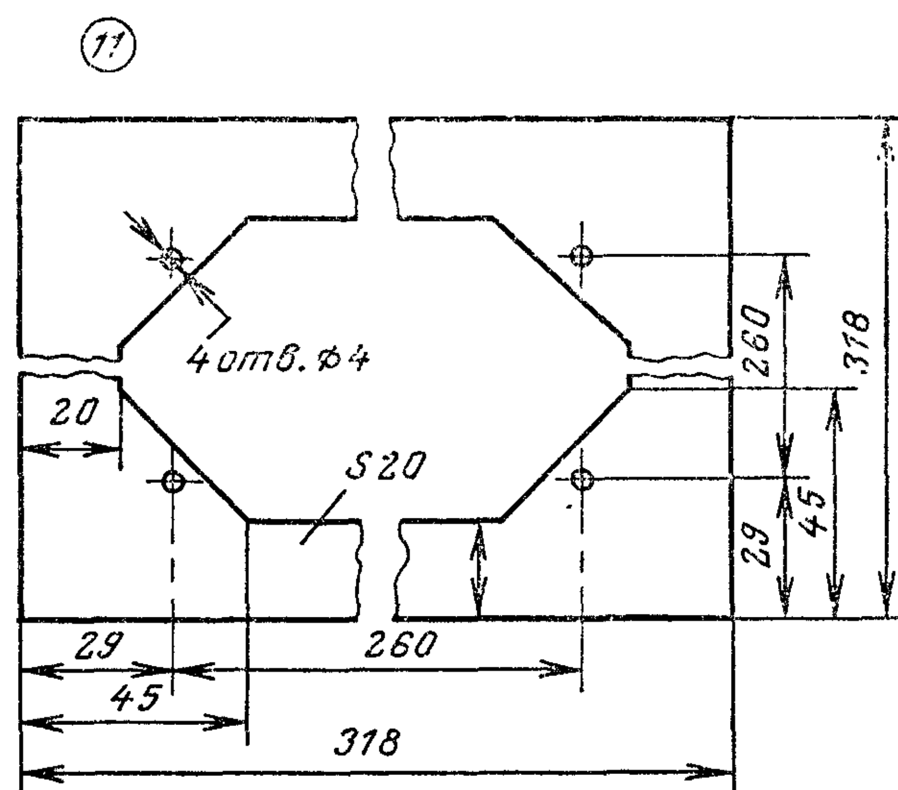


Рис. 2.25

же клеем ПВА. Как видно из рис. 2.24, передняя панель утоплена внутрь ящика примерно на 10 мм. В это углубление при эксплуатации громкоговорителя устанавливают декоративную рамку *11* (рис. 2.25), склеенную из буковых брусков того же сечения, что и бруски *9*, и обтянутую тканью «Эдельвейс». Для крепления рамки целесообразно использовать разрезные штепсели с резьбовыми концами от стандартных двухполюсных вилок. Их плотно ввинчивают в отверстия диаметром 3,5 мм в передней панели *2*, а на выступающие (разрезные) концы надевают рамку *11*.

Для равномерного натяжения ткани боковые (торцевые) поверхности рамки покрывают несколькими слоями клея ПВА и дают ему высохнуть. Затем натягивают ткань, закрепляют ее на обратной стороне рамки кнопками и проглаживают боковые поверхности горячим утюгом. Под действием тепла клей размягчается, и ткань прочно приклеивается. После этого кнопки удаляют, а излишки ткани аккуратно отрезают.

Если же для обтягивания рамки будет использоваться синтетическая ткань, которая размягчается под действием тепла, вместо клея ПВА следует применить клей 88Н. В этом случае ткань необходимо натягивать в момент приклейки. В любом случае надо помнить, что плохо натянутая ткань может стать источником искажения звука.

При сборке на передней панели *2* закрепляют (изнутри) обе динамические головки, трубу фазоинвертора *3* (она может быть как из металла, так и из любого другого твердого материала) и панель с деталями разделительных фильтров (катушки *L1*, *L2*, конденсатор *C1*, на задней — дюралюминиевую чашку *7* (рис. 2.25). В ее отверстиях диаметром 5 мм закрепляют два приборных гнезда, которые образуют гнездовую часть разъема *Ш1*.

Катушки *L1* и *L2* бескаркасные. Первая из них содержит 163 витка провода ПЭВ-1 1,2, вторая — 230 витков провода ПЭВ-1 1,0. Наматывают их на деревянную оправку сечением 23×40 мм со съемными щечками (расстояние между ними 40 мм). Перед намоткой между щечками на оправку укладывают несколько кусков толстых ниток, которыми впоследствии обвязывают витки готовых катушек. Для повышения стабильности индуктивности катушки желательно пропитать эпоксидным клеем с пластификатором. Конденсатор *C1* типа МБГО или МБГП, желательно с лапками для крепления.

Перед монтажом громкоговорителя все щели в местах соединений стенок корпуса, а также в местах крепления чашки *7*, динамических головок и трубы фазоинвертора *3* необходимо тщательно заделать замазкой или пластилином, иначе АЧХ громкоговорителя на низших частотах ухудшится.

Для увеличения жесткости ящика применена дюралюминиевая стяжка *8* (рис. 2.24), соединяющая его переднюю и заднюю стенки. Своим резьбовым (М4) концом она ввинчена в отверстие чашки *7*, а резьбовое (также М4) отверстие на противоположном конце предназначено для винта *10* (М4×20), которым крепится к стяжке передняя стенка. Под головку этого винта следует подложить фетровую и металлическую шайбы. При отсутствии головки 10ГД-34 в громкоговорителе можно применить головку 6ГД-6, однако в этом случае его АЧХ несколько ухудшится, а номинальная мощность уменьшится примерно до 6 Вт.

Следует отметить, что качество звучания громкоговорителя можно заметно улучшить, подключив его головки через разделительный фильтр, предложенный О. Салтыковым (см. «Радио», 1977, № 11, с. 56). Кстати, в этом случае головку 2ГД-36 можно заменить более доступной 3ГД-2. Последнюю подключают к фильтру через делитель напряжения, составленный из резисторов сопротивлением 3 Ом (верхнее плечо) и 12 Ом (нижнее), рассчитанными на рассеиваемую мощность не менее 2 Вт.

ПОРОГОВЫЙ ШУМОПОДАВИТЕЛЬ В ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕ

Испытания наиболее распространенных бытовых двух- и трехполосных громкоговорителей показали, что 70—80% составляющих шумов воспроизводятся их высокочастотным звеном. В то же время на качество звуковоспроизведения высокочастотные головки влияют в меньшей степени, чем средне- и низкочастотные. Исходя из этого, рижанин А. Козлов предложил схему очень простого порогового шумоподавителя, включаемого в цепь сигнала, подаваемого на высокочастотную головку громкоговорителя.

Как видно из схемы (рис. 2.26), пороговое устройство выполнено на двух транзисторах *(Т1* и *Т2)*, эмиттерные переходы которых включены встречно-парал-

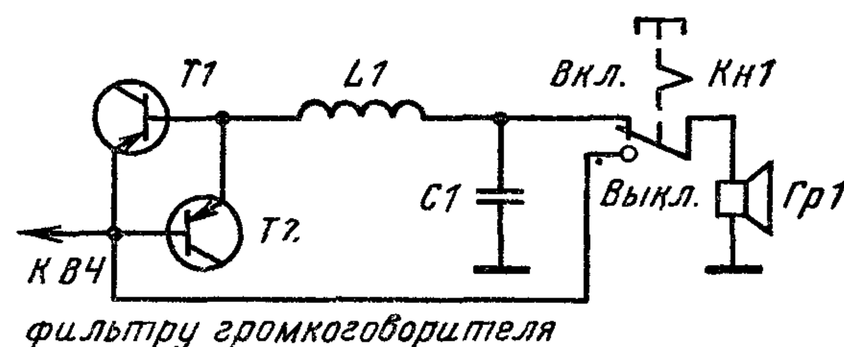


Рис. 2.26

лельно. Фильтр нижних частот (ФНЧ), состоящий из катушки *L1* и конденсатора *C1*, улучшает форму сигнала, искажаемого пороговым устройством.

Для работы в таком пороговом устройстве пригодны мощные германиевые транзисторы, например типа П202, отобранные с помощью авометра ТЛ-4 по прямому сопротивлению эмиттерного перехода $R_{эб}$ на пределе «×1 Ом», которое должно составлять не более 60—80% от сопротивления высокочастотной головки постоянному току. Из отобранных таким образом транзисторов выбирают пару таких, у которых $R_{эб}$ на всех пределах измерения сопротивления авометра (от «×1 Ом» до «×10³ Ом») не отличаются более чем на 10%.

Индуктивность катушки ФНЧ определяют по формуле $L=0{,}225R_{гр}/f_в$, а емкость конденсатора — из соотношения $C=0{,}113/(f_в R_{гр})$, где $R_{гр}$ — полное сопротивление высокочастотной головки на высшей воспроизводимой частоте $f_в$.

Шумоподавитель опробован А. Козловым в громкоговорителе 35АС-1, высокочастотная головка которого имеет сопротивление постоянному току 13 Ом, а $R_{гр}=32$ Ом (на частоте 20 кГц). В шумоподавителе использованы транзисторы П202 с $R_{эб}=10$ Ом. Катушка *L1* (0,35 мГн) намотана на ферритовом кольце М2000НМ-А-К32×16×8 и содержит 13 витков провода ПЭЛ 0,84, конденсатор *C1* составлен из двух соединенных параллельно конденсаторов МБМ емкостью 0,1 и 0,05 мкФ.

Прослушивание громкоговорителя с таким шумоподавителем показало, что использовать его целесообразно при мощностях свыше 5 Вт. Уровень шумов понижался на 15—18 дБ. При малой громкости шумоподавитель следует отключать, так как иначе качество звучания заметно ухудшится.

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ЗВУКОСНИМАТЕЛЕМ

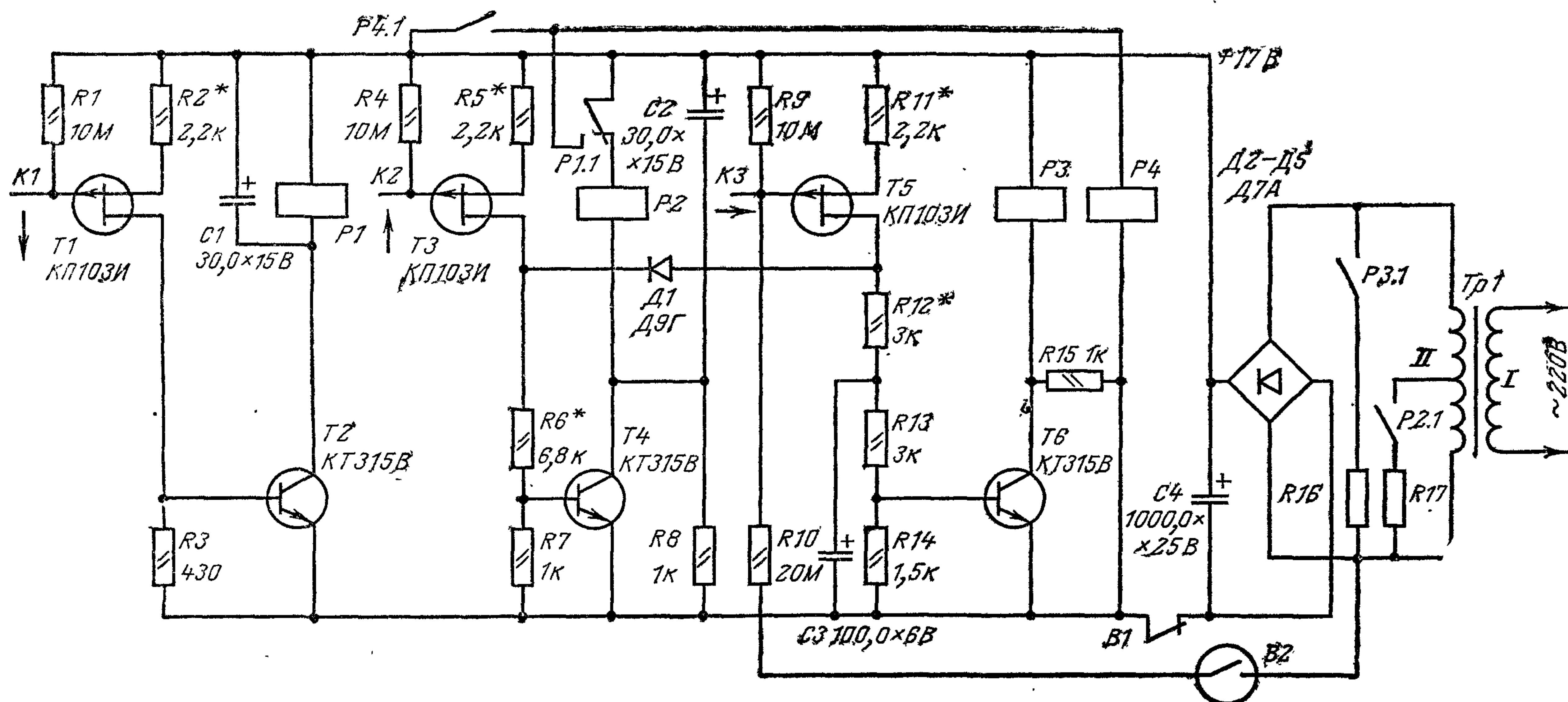
Наибольшая опасность повредить грампластинку и иглу возникает, как известно, при опускании звукоснимателя на пластинку и при подъеме его в конце проигрывания. Чтобы полностью исключить такую опасность, в наиболее совершенные электропроигрывающие устройства встраивают специальные механизмы, автоматизирующие эти операции. Строят такие устройства и радиолюбители, однако большинство из них не идут далее повторения известных механизмов с вращающимся кулачком, которые обычно требуют применения отдельного электродвигателя, что усложняет конструкцию проигрывателя. Значительно проще теплоэлектрические механизмы, действие которых основано на удлинении проводников при пропускании через них электрического тока. В свое время журнал «Радио» познакомил читателей с несколькими конструкциями работающих на этом принципе микролифтов. Здесь предлагается вниманию радиолюбителей теплоэлектрический механизм управления звукоснимателем, разработаный киевским радиолюбителем А. Чаитурия.

Этот механизм предназначен для плавного опускания звукоснимателя на грампластинку, автоматического подъема его при выходе иглы на конечную канавку пластинки и автоматического возврата его в исходное положение (на стойку). Время возврата — около 2 с. Для подъема и опускания звукоснимателя применен теплоэлектрический микролифт, описанный в статье С. Ли-бина (см. «Радио», 1976, № 4, с. 39), с небольшими изменениями в конструкции: пружина переставлена так, что при нагревании рабочего элемента (проволоки из сплава с высоким удельным сопротивлением) шток микролифта поднимает тонарм, а при остывании — опускает. Управляют механизмом с помощью сенсорного устройства.

Принципиальная схема электрической части механизма показана на рис. 2.27. Как видно из схемы, электрическая часть состоит из трех практически одинаковых электронных реле, каждое из которых выполнено на полевом (*T1, T3, T5*), биполярном (*T2, T4, T6*) транзисторах и электромагнитном реле (*P1, P2, P3*). Первые два электронных реле (*T1, T2, P1* и *T3, T4, P2*) предназначены для управления микролифтом (его рабочий элемент обозначен как резистор *R17*), третье (*T5, T6, P3*) — для управления возвратным механизмом (рабочий элемент — резистор *R16*). При проигрывании пластинок вначале касаются сенсорного контакта *K2*, а дождавшись подъема звукоснимателя и установив его над вводной (или любой другой) канавкой грампластинки, — контакта *K1*.

Режимы работы полевых транзисторов выбраны такими, что в исходном состоянии токи стоков создают на резисторах *R3, R7* и *R14* падение напряжения примерно 0,7 В. По этой причине коллекторный ток тран-

Рис. 2.27



зистора *Т4* в сумме с током, протекающим через резистор *R8*, оказывается недостаточным для срабатывания *Р2*. При касании же сенсорного контакта *К2* на затворе транзистора *Т3* создается переменное напряжение наводок от осветительной сети. В отрицательные полупериоды этого напряжения ток стока полевого транзистора увеличивается. В результате увеличивается приложенное к эмиттерному переходу транзистора *Т4* напряжение смещения, и его коллекторный ток возрастает настолько, что реле *Р2* срабатывает и своими контактами *Р2.1* подключает рабочий элемент микролифта *R17* к отводу вторичной обмотки трансформатора *Тр1*. Звукосниматель поднимается.

Реле *Р2* остается включенным и после снятия пальца с сенсорного контакта *К2*: через его обмотку течет ток (определяется в основном сопротивлением резистора *R8*), несколько превышающий ток отпускания.

Чтобы опустить звукосниматель на пластинку, прикасаются к сенсорному контакту *К1*. При этом увеличивается ток стока транзистора *Т1*, что, в конечном счете, приводит к срабатыванию реле *Р1*. Его контакты *Р1.1* разрывают цепь питания обмотки реле *Р2*, и оно, отпуская, отключает рабочий элемент *R17* микролифта, в результате чего звукосниматель опускается. Контакты реле *Р1.1* замыкают цепь питания обмотки реле *Р4*, контакты которого (на схеме не показаны) включают электродвигатель, приводящий во вращение диск электропроигрывателя. После снятия пальца с контакта *К1* реле *Р1* отпускает, а реле *Р4* остается включенным, так как цепь питания его обмотки блокируется контактами *Р4.1*.

При ручном управлении для возврата звукоснимателя в исходное положение необходимо коснуться сенсорного контакта *К3*. Очевидно, что, прежде чем звукосниматель начнет движение в сторону стойки, его необходимо поднять над пластинкой, а это значит, что и в этом случае первым должно сработать реле *Р2*. Выполнение этого условия обеспечивает диод *Д1*, соединяющий сток транзистора *Т5* с цепью смещения транзистора *Т4*. При касании контакта *К3* вначале увеличивается коллекторный ток транзистора *Т4* и срабатывает реле *Р2*, а затем, когда примерно через 1 с зарядится до соответствующего напряжения конденсатор *С3* (этого времени хватает для выхода иглы звукоснимателя из канавки грампластинки), увеличивается коллекторный ток транзистора *Т6* и срабатывает реле *Р3*. Своими контактами *Р3.1* оно подключает рабочий элемент *R16* механизма возврата к обмотке трансформатора *Тр1*, и звукосниматель начинает двигаться в сторону стойки.

В автоматическом режиме механизм возврата включается герконом *В2*, контакты которого замыкаются при приближении небольшого постоянного магнита, установленного на хвостовой части тонарма или на его поворотной ножке. В первоначальное состояние устройство возвращается автоматически при размыкании контактов концевого выключателя *В1*.

Конструкция и детали. Механизм возврата звукоснимателя (рис. 2.28) смонтирован на несущей панели проигрывателя *11* и состоит из рычага *18*, поворачивающегося на оси *1* (она закреплена между пласти-

Рис. 2.28

нами 5 и 6), рабочего элемента — нихромового проводника 17, возвратной пружины 9 и контактной группы 3 (выключатель В1). Один конец проводника 17 закреплен на рычаге 18, другой — в отверстии винта 13, свободно поворачивающегося в кронштейне 16, приклеенном эпоксидным клеем к изоляционной прокладке 12 (она в свою очередь приклеена к панели 11). Натяжение проводника 17, а следовательно, и положение рычага относительно трубки тонарма 7 регулируют гайкой 14. Провода, соединяющие рабочий элемент с электрической частью устройства, припаяны к его левому (по рисунку) концу и лепестку 15. Возвратная пружина закреплена на панели 11 винтом 10 (М4×10), а пластины 5, 6 и контактная группа 3 — винтами 2 (М4×15) и 4 (М4×10).

Работает механизм следующим образом. При подключении к обмотке трансформатора рабочий элемент 17 начинает расширяться. Под действием пружины 9 выступающий над декоративной панелью 8 конец рычага 18 отклоняется вправо, входит в соприкосновение с трубкой тонарма 7 и поворачивает его в исходное положение. В конце движения нижний конец рычага размыкает контактную группу 3 (В1), и она отключает устройство от источника питания. После этого рабочий элемент остывает и, сокращаясь в длине, возвращает рычаг 18 в исходное положение.

Рычаг 18, пластины 5, 6 и прокладку 12 изготовляют из стеклотекстолита или гетинакса подходящей толщины, ось 1 — из стальной проволоки диаметром 1,5 мм, а пружину 9 (внешний диаметр 6 мм, число рабочих витков 120) — из стальной проволоки класса II диаметром 0,5 мм. Для рабочего элемента используют нихромовый провод диаметром 0,3 и длиной 250 мм. В качестве кронштейна 16 можно использовать отрезок дюралюминиевого уголка 12×12 мм. Контактная группа 3 может быть готовая или самодельная, важно лишь, чтобы контакты были рассчитаны на ток 1,5—2 А.

В электрической части устройства применены транзисторы КТ315В со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21Э}=50$ (Т2) и 80 (Т4, Т6). Вместо них можно использовать любые маломощные кремниевые транзисторы с такими же значениями $h_{21Э}$. Транзисторы КП103И можно заменить транзисторами этой же серии с индексами К, Л, М, а диод Д9Г — любым диодом серий Д2, Д9. Реле Р1—РЭС-15 (паспорт РС4.591.004), Р2 и Р3—РЭС-10 (паспорт РЭС4.524.302), Р4—РЭС-9 (паспорт РС4.524.200). Трансформатор питания любой, мощностью 15—20 Вт, важно лишь, чтобы его вторичная обмотка обеспечивала под нагрузкой напряжение 4 В для питания микролифта (при токе 750 мА) и 13 В для питания механизма возврата (при токе 1,3 А).

Налаживание описываемого механизма начинают с электронного реле на транзисторах Т1, Т2. Заменив резистор R2 переменным (сопротивлением 6,8—10 кОм), изменяют его сопротивление, добиваясь, чтобы реле Р1 четко срабатывало при каждом касании сенсорного контакта К1. Затем измеряют сопротивление введенной части переменного резистора и заменяют его постоянным такого же сопротивления.

Аналогично регулируют и второе электронное реле, но в разрыв цепи стока транзистора Т3 включают миллиамперметр с пределом измерений 5—6 мА. Изменяя сопротивление переменного резистора R5 в цепи истока этого транзистора, добиваются максимального увеличения тока его стока при касании сенсорного контакта К2. Проделав еще раз те же операции с третьим электронным реле (переменным резистором заменяют резистор R11), подбирают резисторы R12 и R6 такие, чтобы микролифт четко включался при каждом касании сенсорного контакта К3, а реле Р3 срабатывало спустя 1—1,5 с после включения реле Р2.

Регулировка механизма сводится в основном к подбору нужного угла поворота рычага 18 и установке его в исходное положение, при котором зазор между рычагом и трубкой тонарма равен 2—3 мм (игла звукоснимателя при этом должна находиться на выводной канавке пластинки). Угол поворота рычага регулируют, переставляя петлю проводника 17 по его зубчатому концу; исходное положение находят, вращая гайку 14. В последнюю очередь поворотом вокруг винта 2 находят такое положение контактной группы 3, при котором рычаг 18 размыкает ее контакты в самом конце своего движения, когда звукосниматель уже находится на стойке.

Разумеется, описанным механизмом можно управлять и с помощью обычных кнопок, включив их в цепи питания обмоток электромагнитных реле. Для задержки срабатывания реле Р3 его обмотку необходимо шунтировать электролитическим конденсатором большой емкости (подбирается опытным путем).

АВТОСТОП ДЛЯ КАССЕТНОГО МАГНИТОФОНА

Введение автостопа в кассетный магнитофон, как известно, осложняется тем, что магнитная лента находится в закрытой кассете и прочно закреплена на бобышках. Поэтому обычно применяемые в катушечных магнитофонах датчики, которые вырабатывают сигнал на выключение магнитофона при обрыве или окончании ленты, в кассетных аппаратах практически не применимы. Удачный выход из положения нашел радиолюбитель из Краснодарского края А. Гринев. Он предложил установить датчик автостопа на подкассетнике приемного узла. В результате магнитофон автоматически выключается не только при окончании ленты в кассете, но и при остановке приемного узла по любой другой причине (например, из-за повышенного трения приемного рулона ленты о стенки кассеты, когда возникает опасность набивания ленты в пространство между рулонами).

Устройство датчика показано на рис. 2.29, *а*. Он состоит из светодиода 2 и фотодиода 3, периодически

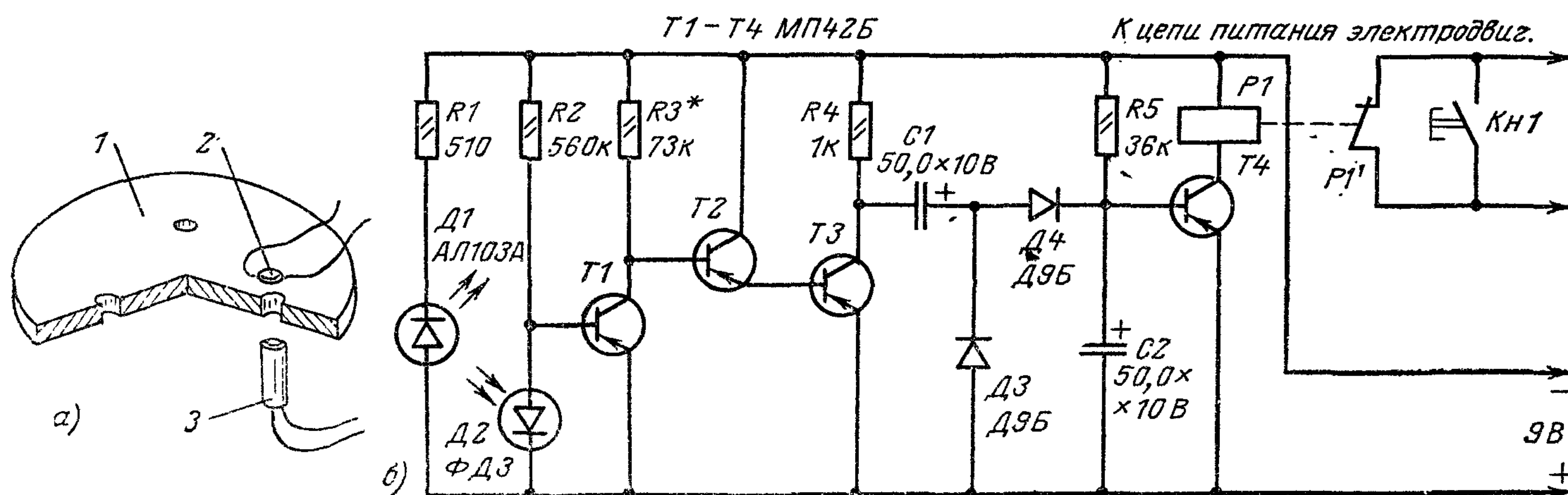


Рис. 2.29

освещаемого через отверстия вращающегося подкассетника *1*. В качестве источника света можно использовать светодиоды серий АЛ103, АЛ109, АЛ301 или другие, размеры которых позволяют разместить их в зазоре между подкассетником и платой лентопротяжного механизма.

Принципиальная схема электрической части автостопа приведена на рис. 2.29,*б*. Кроме фотоэлектрического датчика (*Д1, Д2*) автостоп содержит усилитель-формирователь импульсов, выполненный на транзисторах *Т1—Т3*, выпрямитель по схеме удвоения напряжения на диодах *Д3, Д4* и усилитель постоянного тока на транзисторе *Т4*, нагруженный на обмотку реле *Р1*.

Как видно из схемы, фотодиод *Д2* включен в нижнее плечо делителя *R2, Д2*, с которого снимается напряжение смещения на базу транзистора *Т1*. При отсутствии освещения обратное сопротивление фотодиода *Д2* очень велико, поэтому транзистор *Т1* открыт и напряжение на его коллекторе составляет всего несколько десятых вольта, что недостаточно для открывания транзисторов *Т2* и *Т3*, эмиттерные переходы которых соединены последовательно. Таким образом, при неосвещенном фотодиоде напряжение на коллекторе транзистора *Т3*, а следовательно, и на левой (по схеме) обкладке конденсатора *С1* близко к напряжению источника питания.

При освещении фотодиода напряжение смещения на базе транзистора *Т1* уменьшается настолько, что он закрывается. Напряжение на его коллекторе резко увеличивается и открывает транзисторы *Т2* и *Т3*. В результате напряжение на коллекторе последнего падает почти до нуля, что эквивалентно соединению той же обкладки конденсатора *С1* с общим проводом. Иными словами, при вращении подкассетника на вход выпрямителя (*Д3, Д4*) поступают прямоугольные импульсы, частота следования которых зависит от диаметра рулона ленты на приемной бобышке кассеты, а амплитуда близка к напряжению питания.

При включении питания открывается транзистор *Т4*, так как на его базу подается отрицательное напряжение смещения через резистор *R5*. В результате срабатывает реле *Р1* и контактами *Р1.1* разрывает цепь питания электродвигателя лентопротяжного механизма. Чтобы включить магнитофон, вместе с клавишей пуска необходимо нажать и кнопку *Кн1*, контакты которой включены параллельно контактам *Р1.1*. С началом вращения приемного узла на выходе усилителя-ограничителя появляется пульсирующее напряжение и конденсатор *С2* начнет заряжаться. По мере его заряда отрицательное напряжение смещения на базе транзистора *Т4* будет уменьшаться, что приведет к отпусканию реле *Р1*. Как только это произойдет, контакты *Р1.1* замкнут цепь питания электродвигателя, после чего кнопку *Кн1* можно отпустить.

При остановке приемного узла конденсатор *С2* перезаряжается через резистор *R5*, и транзистор *Т4* вновь открывается, заставляя реле *Р1* разорвать цепь питания двигателя. При повторении описываемого устройства необходимо помнить, что емкость конденсатора *С2* должна быть достаточно большой, чтобы реле не срабатывало при минимальной (при скорости 4,76 см/с и трех отверстиях в подкассетнике примерно 0,7 Гц) частоте следования импульсов когда диаметр рулона ленты на приемной бобышке кассеты близок к максимальному. С данными деталей, указанными на схеме, время задержки отпускания реле составляет примерно 3 с (столько же надо держать нажатой кнопку *Кн1* при пуске магнитофона).

Конструкция и детали. Все детали электрической части автостопа (кроме диодов *Д1, Д2* и кнопки *Кн1*) монтируют на небольшой плате, которую размещают в свободном пространстве внутри магнитофона. В автостопе можно применить любые транзисторы серии МП39—МП42 с $h_{21Э} \geq 40$. Реле *Р1*—РЭС-15 (паспорт РС4.591.003) или любое другое с напряжением срабатывания 6—8 В (например, РЭС-10 — паспорт РС4.524.303).

Налаживание автостопа несложно: единственное, что надо сделать, — это подобрать резистор *R3* так, чтобы амплитуда импульсов на коллекторе транзистора *Т3* стала близкой к напряжению источника питания. При использовании светодиода АЛ103А и реле РЭС-15 потребляемый устройством ток колеблется от 25 (в режиме ожидания) до 45 мА (при срабатывании реле).

При желании реле *Р1* (оно в этом случае должно иметь нормально разомкнутые контакты) можно использовать для включения электромагнита, механически связанного с фиксирующей планкой клавишного переключателя рода работы. Тогда при остановке приемного узла лентопротяжный механизм магнитофона будет автоматически возвращаться в положение *Стоп*. Наконец, импульсное напряжение на коллекторе транзистора *Т3* удобно использовать для электронного счетчика метража ленты.

ИНДИКАТОР ДОРОЖЕК В МАГНИТОФОНЕ

Семисегментные вакуумные люминесцентные индикаторы (ИВ-3, ИВ-12 и др.) позволяют отображать не только цифры, но и некоторые буквы. Этим воспользовался радиолюбитель В. Макарушин, который применил такой индикатор для индикации включенных дорожек в стереомагнитофоне.

Принципиальная схема этого устройства приведена на рис. 2.30. Здесь секции *В1а—В1в* — свободные контактные группы переключателя дорожек. В зависимости от того, какая из кнопок переключателя нажата, на индикаторе высвечиваются цифры *1* (дорожки 1—4), *2* (дорожки 2—3) или буква *С* (стереофонический режим). На диодах *Д1—Д7* выполнен дешифратор состояний переключателя, обеспечивающий подачу напряжения питания на соответствующие аноды люминесцентного индикатора *Л1*.

Для питания анодов и сетки индикатора можно использовать как постоянное, так и пульсирующее напряжение, а для накала (ток около 100 мА) — либо постоянное, либо переменное.

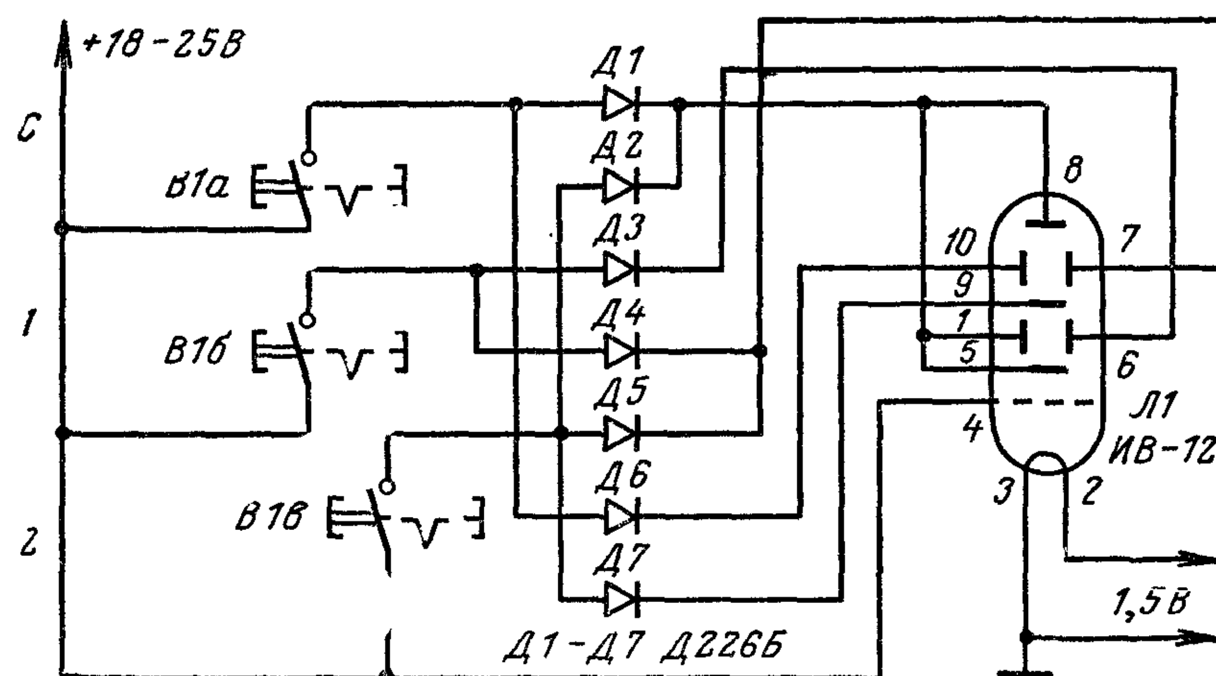


Рис. 2.30

РАДИО И ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ

ЧМ ДЕТЕКТОРЫ С ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ

Одно из интересных применений фазовой автоподстройки частоты — детектирование частотно-модулированных колебаний. Особый интерес вызывает использование детекторов с ФАПЧ в аппаратуре для приема УКВ ЧМ вещания и звукового сопровождения программ телевидения, где подобные устройства позволяют достичь высоких результатов относительно несложными средствами.

Наиболее просто ЧМ детектор с ФАПЧ реализуется при использовании в тракте промежуточной частоты интегральной микросхемы К174УР1.

Принципиальная схема тракта ПЧ приемника ЧМ сигналов на такой микросхеме, предложенная Б. Павловым из Львова, приведена на рис. 3.1. Устройство имеет следующие характеристики: промежуточная частота — 6,5 МГц, собственная нестабильность частоты гетеродина — 35 кГц в интервале температур 10—30°С, выходное напряжение — 25 мВ при девиации частоты 15 кГц, выходное сопротивление — около 5 кОм.

С выхода УКВ блока или видеоусилителя сигнал промежуточной частоты поступает на фильтр сосредоточенной селекции *L1C1L2C3L3C5* и затем на вход интегральной микросхемы *A1*. В нее входят усилитель ПЧ, фазовый детектор и стабилизатор по цепям питания микросхемы. Гетеродин выполнен на микросхеме *A3*. Его колебательный контур образован катушкой индуктивности *L5* и стабилитронами *Д1* и *Д2*, выполняющими функции варикапов. Стабильность амплитуды колебаний гетеродина обеспечивается ограничителем на диодах *Д3* и *Д4*. На микросборке *A2* собраны два эмиттерных повторителя. С одного из них выходное напряжение через пропорционально-интегрирующий фильтр *R3C9C10* подается на диоды *Д1* и *Д2*. Со второго эмиттерного повторителя (его нагрузкой служит резистор *R4*) низкочастотный сигнал через корректирующую цепочку *R5C13* поступает на выход устройства. Конденсатор *C8* устраняет сигнал ПЧ на входах эмиттерных повторителей. Напряжение смещения для эмиттерных повторителей поступает с интегральной микросхемы *A1*. Это же напряжение используется и для создания постоянного смещения на диодах *Д1* и *Д2*.

Настройку тракта ПЧ начинают с фильтра сосредоточенной селекции по прибору X1-7. При этом напряжение с генератора качающейся частоты подают на вход блока, а детекторную головку подключают к верхнему по схеме выводу катушки *L4*. Затем генератор подключают параллельно катушке *L3*, а низкочастотный вход прибора X1-7 — к выходу детектора. Контур *L5Д1Д2* настраивают на промежуточную частоту по нулю дискриминаторной характеристики. Полоса удержания (примерно 240 кГц) устанавливается резистором *R1*.

В отсутствие интегральной микросхемы К174УР1 систему ФАПЧ можно выполнить на дискретных элементах. Тракт ПЧ УКВ ЧМ приемника москвича Л. Чудновского (рис. 3.2) может работать на промежуточных частотах 6,8 и 10,7 МГц. Заметим, что последняя промежуточная частота предпочтительнее, поскольку гармоники гетеродина не попадают в этом случае в полосу принимаемых частот и захват приемника «на себя» сводится тем самым к минимуму. Выходное напряжение тракта около 10 мВ, а выходное сопротивление — 100 Ом и 8,2 кОм (на разных выходах).

Усилитель ПЧ выполнен на интегральной микросхеме *A1*. Усиленный сигнал выделяется на широкополосном контуре *L1C6*, ограничивается диодами *Д1*, *Д2* и поступает на вход ЧМ детектора с ФАПЧ, выполненного на транзисторах *T2—T4*. Гетеродин, собранный на транзисторах *T6—T9* представляет собой *RC*-генератор, частота которого определяется элементами *R11*, *C11* и сопротивлением канала полевого транзистора *T9*.

С выхода фазового детектора сигнал поступает на эмиттерный повторитель на транзисторе *T5*. Конденсатор *C7* ограничивает полосу пропускания устройства — она не превышает 64 кГц. С одного из выходов (*Выход 1*) сигнал поступает на стереодекодер, а с другого — через интегрирующую цепочку *R6C10* на усилитель низкой частоты (моносигнал). На управляемый элемент генератора сигнал поступает с движка подстроечного резистора *R5*.

Напряжение питания интегральной микросхемы *A1* и базовых цепей двух транзисторов фазового детектора стабилизировано. Узел стабилизатора выполнен на транзисторе *T1* и стабилитроне *Д3*.

Катушка *L1* намотана на полистироловом каркасе диаметром 8 мм. Она имеет подстроечный сердечник СЦР-1 и содержит 8,5 витков провода ПЭЛ 0,3. Отвод от середины, указанная на схеме емкость конденсатора *C6* соответствует промежуточной частоте 6,8 МГц. При промежуточной частоте 10,7 МГц её следует уменьшить до 160 пФ. При налаживании устройства среднюю час-

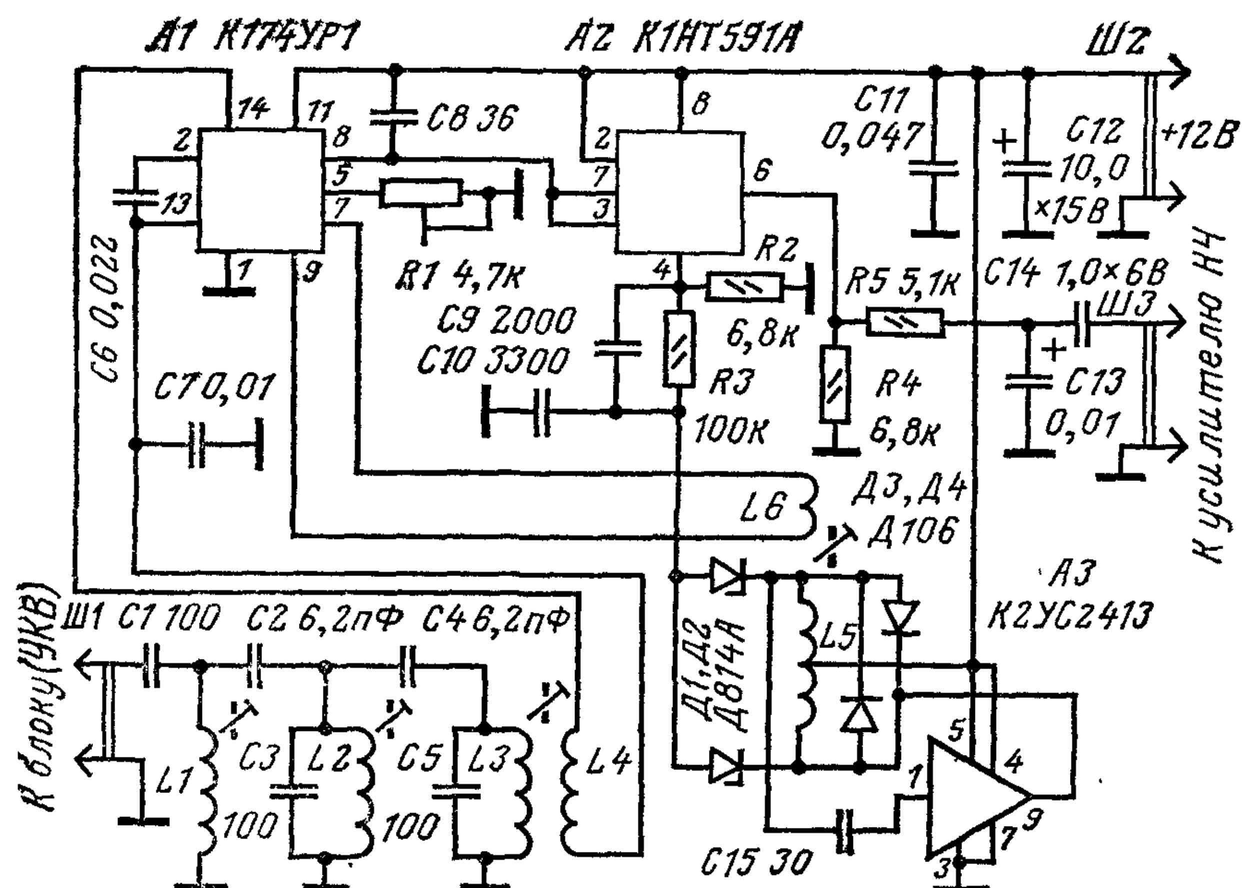


Рис. 3.1

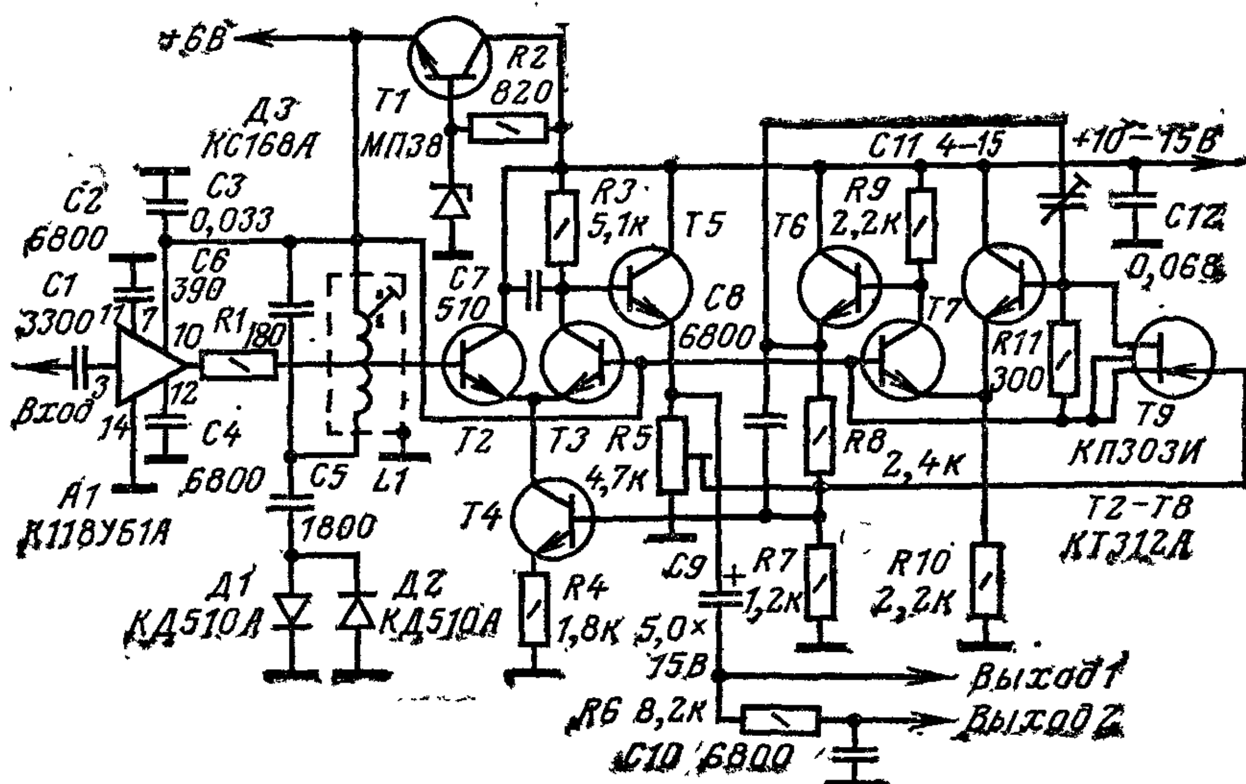


Рис. 3.2

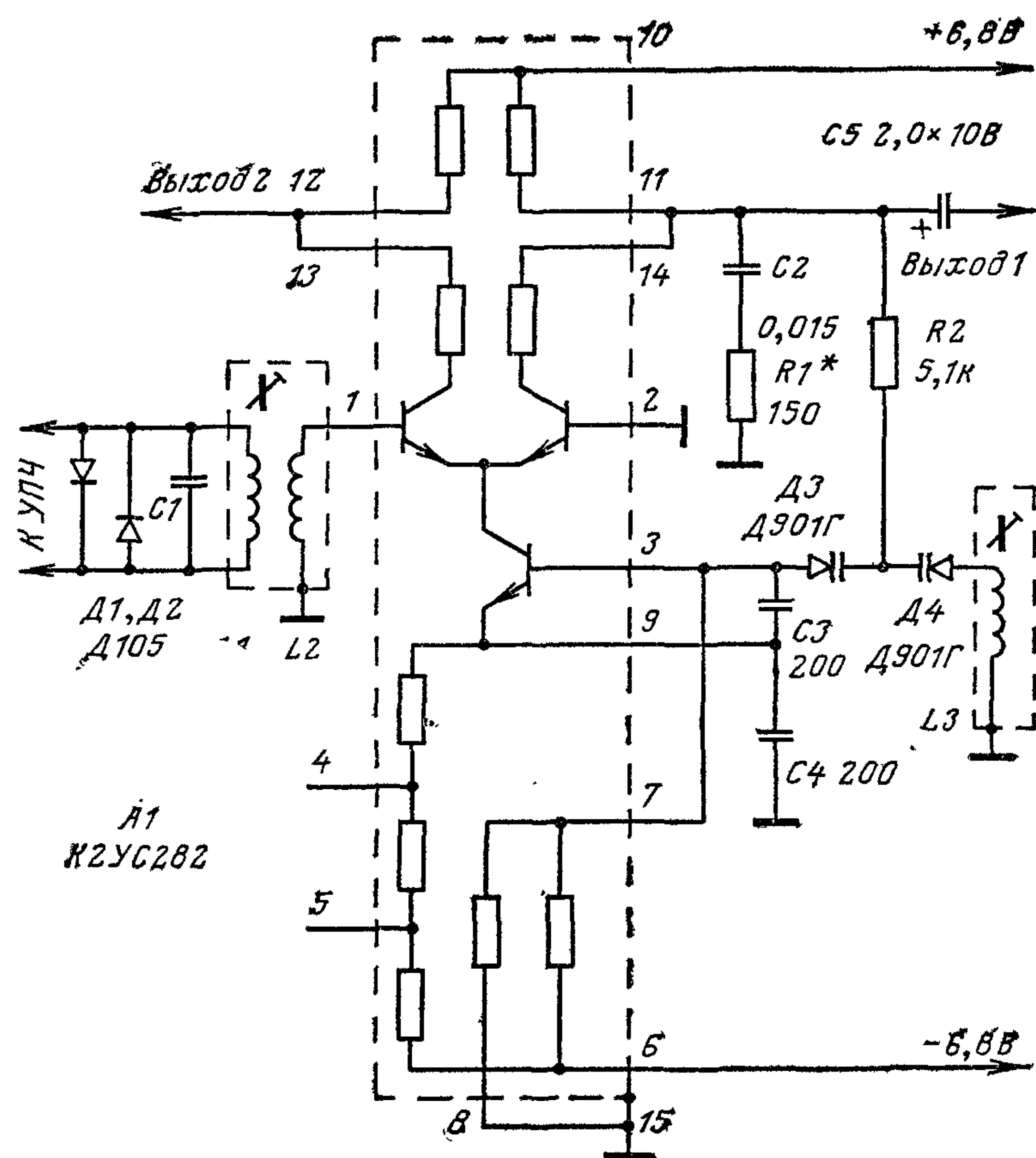


Рис. 3.3

тоту генерации устанавливают подстроечным конденсатором *С11*, а требуемую полосу захвата — резистором *R5*.

Поскольку в супергетеродинных УКВ ЧМ приемниках необходимая чувствительность и селективность обеспечивается каскадами усиления ПЧ и фильтрами, то при разработке ЧМ детекторов с ФАПЧ основное внимание уделяется таким характеристикам, как малые нелинейные искажения, а сам детектор может быть весьма простым. Именно такой детектор разработал москвич В. Поляков (рис. 3.3). Он собран на одной гибридной микросхеме, но, поскольку она содержит всего три транзистора и несколько резисторов, то детектор можно выполнить и на транзисторных микросборках или даже на дискретных элементах. Интегральная микросхема *А1* работает здесь одновременно как фазовый детектор, гетеродин и усилитель постоянного тока. Кремниевые диоды *Д1* и *Д2*, включенные встречно-параллельно, ограничивают амплитуду входного сигнала. Гетеродин собран по схеме «емкостной трехточки» на токозадающем транзисторе интегральной микросхемы. Колебательный контур гетеродина образован катушкой индуктивности *L3*, конденсаторами *С3* и *С4*, а также варикапами *Д3* и *Д4*. Два верхних транзистора интегральной микросхемы образуют фазовый детектор и усилитель постоянного тока. Пропорционально-интегрирующий фильтр состоит из резистора в цепи коллектора правого верхнего по схеме транзистора микросхемы (примерно 680 Ом) и цепочки *R1С2*.

Через развязывающий резистор *R2* отфильтрованное напряжение поступает на варикапы *Д3* и *Д4*, управляющие частотой гетеродина. Это же напряжение используется как выходное и поступает на стереодекодер или усилитель НЧ. В последнем случае на выходе детектора включается цепочка стандартной коррекции. Выходное напряжение можно снять и с другого транзистора дифференциальной пары. Питание интегральной микросхемы — двухполярный источник напряжением ±6,8 В.

Катушки *L1* и *L3* использованы от контуров ПЧ трактов ЧМ приемников заводского изготовления. Число витков катушки связи *L2* должно быть примерно в три раза меньше числа витков катушки *L1*.

Как уже отмечалось выше, наиболее подходящей является промежуточная частота 10,7 МГц. Однако при любой промежуточной частоте следует обеспечить хорошую экранировку детектора и его развязку от других каскадов по цепям питания. Это позволяет избежать появления комбинационных помех из-за биения сигналов двух гетеродинов. Полоса удержания детектора ±0,4 МГц при амплитуде входного сигнала на выводе *1* микросхемы около 0,1 В.

Устройства, о которых было рассказано выше, предназначены для супергетеродинных приемников. Однако на основе ЧМ детектора с ФАПЧ можно создать весьма простой приемник прямого преобразования, обеспечивающий уверенный прием местных станций.

При разработке подобных приемников приходится искать компромиссные решения, обеспечивающие одновременно хорошую избирательность и большой динамический диапазон. Одно из оптимальных решений, удовлетворяющих этим требованиям, предложено москвичем В. Поляковым. Он применил в УКВ ЧМ приемнике прямого преобразования систему ФАПЧ с линейной характеристикой фильтра в петле ФАПЧ. Такой фильтр должен иметь крутизну примерно 10—14 дБ на декаду. Его можно реализовать, применяя каскадное соединение пропорционально-интегрирующих цепочек (рис. 3.4). Частотная характеристика такого фильтра имеет ступенчатую форму (рис. 3.5). Но при небольшом шаге (отношение частот среза цепочек) резких изломов АЧХ не будет, поскольку на самом деле *RC*-звенья создают плавную «скругленную» характеристику.

Принципиальная схема УКВ ЧМ приемника прямого преобразования с подобным фильтром приведена на рис. 3.6. Сигнал с антенны или с выхода усилителя ВЧ поступает на широкополосный контур *L1C1*, настроенный на среднюю частоту УКВ ЧМ диапазона 66—74 МГц. Смеситель выполнен на встречно-параллельных диодах *Д1* и *Д2*, что позволяет использовать гетеродин, работающий на частоте в два раза ниже, чем принимаемая. Гетеродин собран на транзисторе *Т1*. Варикапы *Д3* и *Д4* служат соответственно для настройки приемника и подстройки гетеродина управляющим сигналом петли ФАПЧ. Настройку приемника осуществляют переменным резистором *R12*. Сигнал с гетеродина поступает на диоды смесителя через конденсаторы *С2* и *С3*. Подстроечный резистор *R1* предназначен для балансировки усилителя постоянного тока, который выполнен на операционном усилителе *А1*. Лестничный фильтр, образованный резистором *R3* и цепочками *R5C8*, *R6C9* и

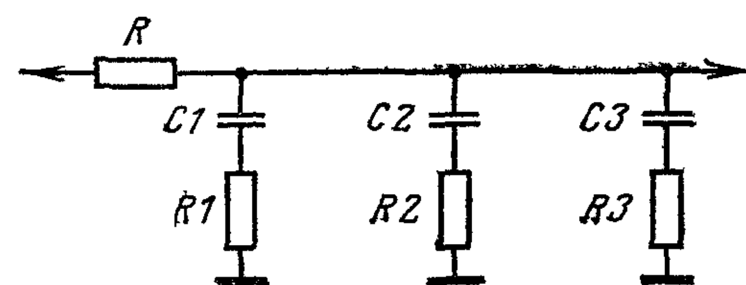


Рис. 3.4

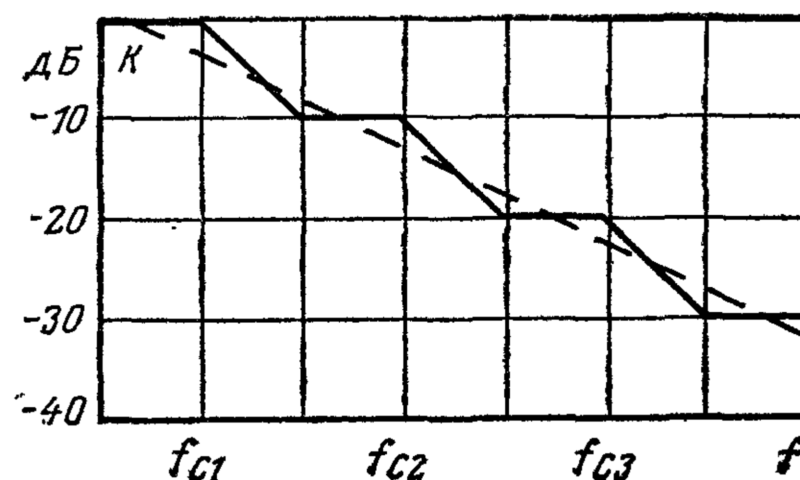


Рис. 3.5

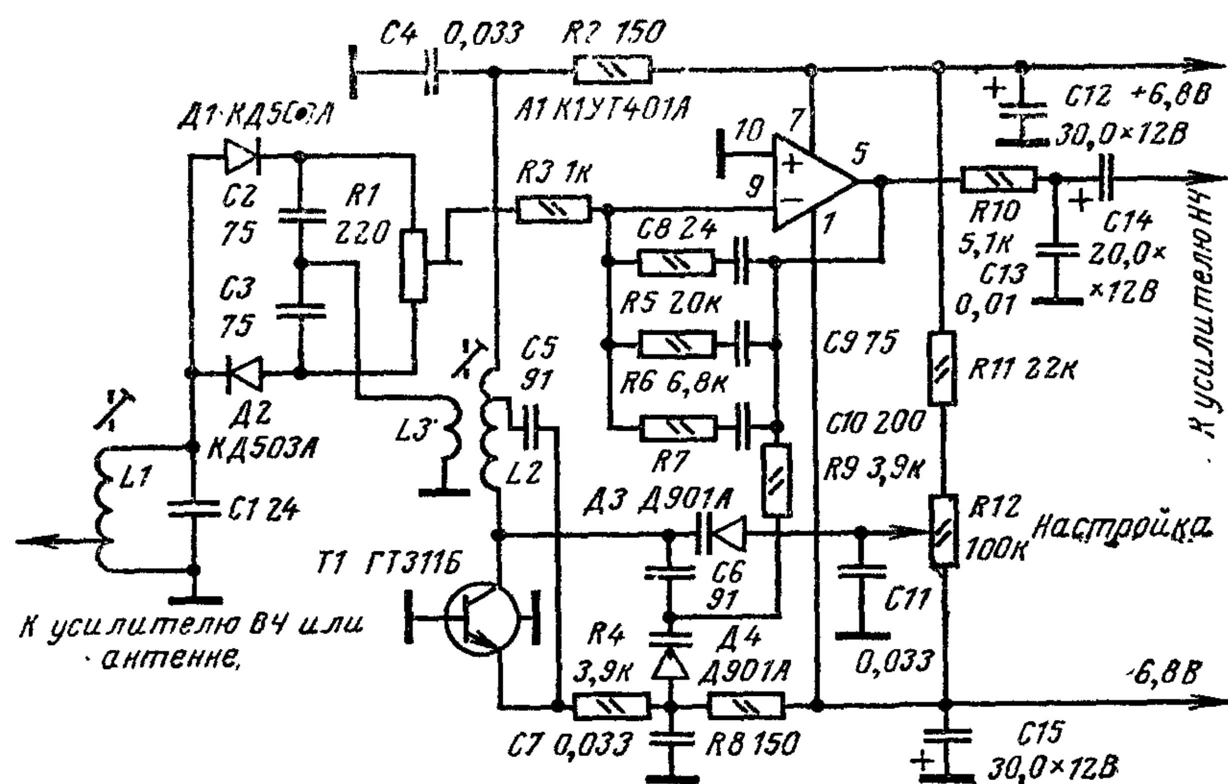


Рис. 3.6

R7C10, включен в цепь обратной связи. Частота среза первого звена фильтра выбрана из условий получения полосы пропускания 12,5 кГц и полосы удержания 50 кГц при минимальном сигнале. Линейная характеристика фильтра аппроксимирована двумя ступеньками с 10-кратным шагом по частоте. Это обеспечивает протяженность характеристики 60 дБ по частоте и 90 дБ по амплитуде. В зависимости от параметров паразитных элементов диапазон допустимых входных сигналов детектора с таким фильтром может достигать 60 дБ. На выходе детектора включена цепочка *R10C13* стандартной коррекции предыскажений.

Катушки *L1* и *L2* содержат соответственно 5 и 8 витков провода ПЭЛ 0,8 на каркасах диаметром 8 мм с подстроечником СЦР-1 из карбониального железа. Отводы от 2-го витка (считая от «холодного»), соединенного по высокой частоте с общим проводом конца катушки. Катушка *L3* содержит два витка провода ПЭЛШО 0,2, намотанного поверх катушки *L2*.

Налаживание детектора начинают с настройки резонансных контуров на рабочие частоты и проверки гетеродина по перекрытию требуемого диапазона частот при вращении ручки переменного резистора *R12*. Операционный усилитель балансируют резистором *R1*: постоянное напряжение на выходе ОУ по отношению к общему проводу должно быть близко к нулю. Следует также установить оптимальную связь гетеродина со смесителем, подобрав конденсаторы *C2* и *C3* или число витков катушки *L3*. Обратная связь в гетеродине должна быть минимально необходимой для возбуждения колебаний Требуемую глубину обратной связи устанавливают, перемещая отвод катушки *L2* ближе к «холодному» концу катушки. Это приводит к уменьшению второй гармоники в сигнале гетеродина и, как следствие, к уменьшению разбаланса ОУ при перестройке гетеродина по диапазону.

Данный УКВ ЧМ приемник (без усилителя высокой частоты) имеет чувствительность при приеме монофонического сигнала около 200 мкВ, что вполне достаточно для приема не очень удаленных станций на простые (в том числе и комнатные) антенны. Максимально допустимый уровень входного сигнала — около 100 мВ. Выходное напряжение звуковых частот — примерно 50 мВ.

ГИБРИДНЫЙ ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Этот приемник разработал Н. Путягин, старейший наставник юных радиолюбителей. В приемнике работают две наиболее распространенные интегральные микросхемы серии К118 и два биполярных транзистора разных структур, поэтому он и назван гибридным. Необходимость использования биполярных транзисторов вызвана тем, что интегральных микросхем, предназначенных для работы в выходных каскадах усилителей НЧ, в продаже пока нет.

Принципиальная схема приемника и внешний вид интегральной микросхемы К1УБ181Б показаны на рис. 3.7. Он рассчитан на работу в одном из радиовещательных диапазонов — длинноволновом (ДВ) или средневолновом (СВ). Выбор диапазона определяется местными условиями радиоприема. Источником питания приемника может быть аккумуляторная батарея 7Д-0,1 или батарея «Крона». Ток покоя приемника не превышает 6—8 мА, а при наиболее сильных сигналах достигает 25—30 мА.

Входной настраиваемый контур магнитной антенны *Ан1* приемника образуют катушка *L1* и конденсатор переменной емкости *C1*. Выделенный им высокочастотный сигнал радиостанции через катушку связи *L2* и конденсатор *C2* поступает на вход (вывод *3)* интегральной микросхемы *ИМС1,* работающей как двухкаскадный усилитель ВЧ (на кремниевых транзисторах структуры *n-p-n с* непосредственной связью). С выхода микросхемы (соединенные вместе выводы *9* и *10*) усиленный сигнал подается через конденсатор *C5* на вход детекторного каскада, выполненного на диодах *Д1* и *Д2,* включенных по схеме умножения напряжения. Высокочастотная составляющая продетектированного сигнала отфильтровывается ячейкой *C6R2C7*, а низкочастотная выделяется на резисторе *R3*. С движка этого резистора, являющегося нагрузкой детектора и одновременно регулятором громкости приемника, низкочастотный сигнал поступает через конденсатор *C8* на вход интегральной микросхемы *ИМС2,* работающей как предварительный усилитель НЧ.

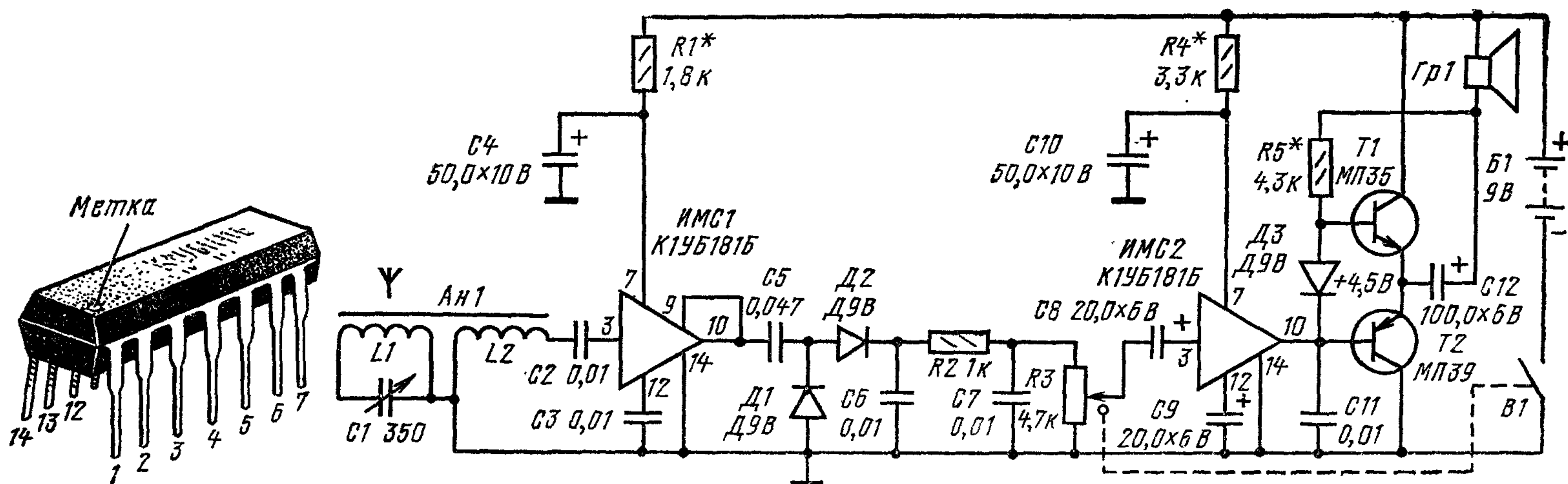


Рис. 3.7

С выхода интегральной микросхемы *ИМС2* (вывод *10*) сигнал НЧ подается непосредственно на базы транзисторов *Т1* и *Т2* двухтактного усилителя мощности. Транзистор *Т1* структуры *n-p-n* усиливает положительные полуволны сигнала НЧ, а транзистор *Т2* структуры *p-n-p* — отрицательные. Усиленные по мощности колебания НЧ подаются через конденсатор *С12* к динамической головке *Гр1* и преобразуются ею в звуковые.

Интегральные микросхемы К1УБ181Б (А) рассчитаны на питание от источников постоянного тока напряжением не более 6,3 В. Поэтому на оба каскада микросхемы *ИМС1* и на первый каскад микросхемы *ИМС2* напряжение питания подается через резисторы *R1* и *R4,* гасящие избыточное напряжение батареи *Б1* (9 В). Совместно с конденсаторами *С4* и *С10* эти резисторы образуют ячейки развязывающих фильтров, предотвращающие самовозбуждение приемника из-за возможных паразитных связей между усилителями через общий источник питания. На второй каскад интегральной микросхемы *ИМС2* питание подается через головку *Гр1,* резистор *R5,* являющийся основной нагрузкой каскада, и диод *Д3.* Падение напряжения на диоде *Д3* создает на базах транзисторов *Т1* и *Т2* напряжения смещения, устраняющие искажения типа «ступенька», особо ощутимые при малом уровне усиливаемого сигнала НЧ. Конденсаторы *С3* и *С9* ослабляют отрицательные обратные связи в интегральных микросхемах и тем самым повышают их коэффициент усиления.

Внешний вид и конструкция приемника показаны на рис. 3.8. Для него использован готовый корпус с внутренними размерами 109×67×30 мм. Динамическая головка *Гр1* типа 0,1ГД-12 (можно 0,1ГД-6, 0,15ГД-1 и другие подобные) прикреплена непосредственно к лицевой стенке корпуса металлическими уголками.

Для магнитной антенны использован стержень из феррита марки 600НН диаметром 8 мм и длиной 80 мм. Катушки *L1* и *L2* намотаны на отдельных цилиндрических каркасах, склеенных из плотной бумаги, которые можно с небольшим трением перемещать по стержню. Для приема радиостанций диапазона СВ контурная катушка *L1* должна содержать 160—170 витков провода ПЭВ-1 0,15, намотанных внавал пятью секциями, а катушка связи *L2*—8—10 витков такого же провода, намотанных одним слоем, виток к витку. Для диапазона ДВ катушки должны содержать соответственно 240—250 и 12—15 витков такого же провода. Секционированная намотка контурной катушки уменьшает ее собственную емкость, что при том же конденсаторе настройки несколько расширяет диапазон частот, перекрываемый контуром.

Стержень магнитной антенны удерживается в отверстиях в стойках из органического стекла толщиной 5 мм, приклеенных к длинной боковой стенке корпуса. На этой же стенке укреплен и малогабаритный конденсатор переменной емкости *С1* с твердым диэлектриком. На ось конденсатора насажен диск настройки диаметром 27 мм, выпиленный из листового органического стекла.

Остальные детали приемника смонтированы на плате из гетинакса (стеклотекстолита, текстолита) толщиной 1,5 мм. Монтаж может быть как печатным, так и навесным. Конфигурация и размеры платы, а также схема соединения деталей показаны на рис. 3.9. В случае навесного монтажа опорными точками деталей могут служить пустотелые закладки (пистоны), завальцованные в отверстия на плате. Через отверстие диаметром 3,5 мм монтажную плату винтом М3 крепят на стойке из органического стекла, приклеенной к лицевой стенке корпуса.

Статический коэффициент передачи тока транзисторов $h_{21Э}$ не менее 30—40, причем транзистор МП35 можно заменить на МП37 или МП38, а транзистор МП39 на МП40—МП42. Диоды *Д1—Д3* — любые из серий Д9, Д2. Переменный резистор *R3,* объединенный с выключателем *В1,* типа СПЗ-3б, постоянные резисторы — МЛТ. Все электролитические конденсаторы К50-6, конденсаторы постоянной емкости — КЛС, КМ.

Налаживание приемника начинают с проверки и, если надо, подгонки оптимальных режимов работы интегральных микросхем и транзисторов. Сначала, включив питание, вольтметром постоянного тока с относительным входным сопротивлением не менее 5 кОм/В измеряют напряжения на выводах *7* интегральных микросхем. Оно должно быть 5,7—6,3 В. Такие напряжения в цепях питания интегральных микросхем устанавливают подбором резисторов *R1* и *R4.* Напряжения на эмиттерах транзисторов *Т1* и *Т2* выходного каскада, равное половине напряжения источника питания (+4,5 В), устанавливают подбором резистора *R5.*

Качество работы усилителя НЧ приемника можно проверить на воспроизведении грамзаписи, подключив

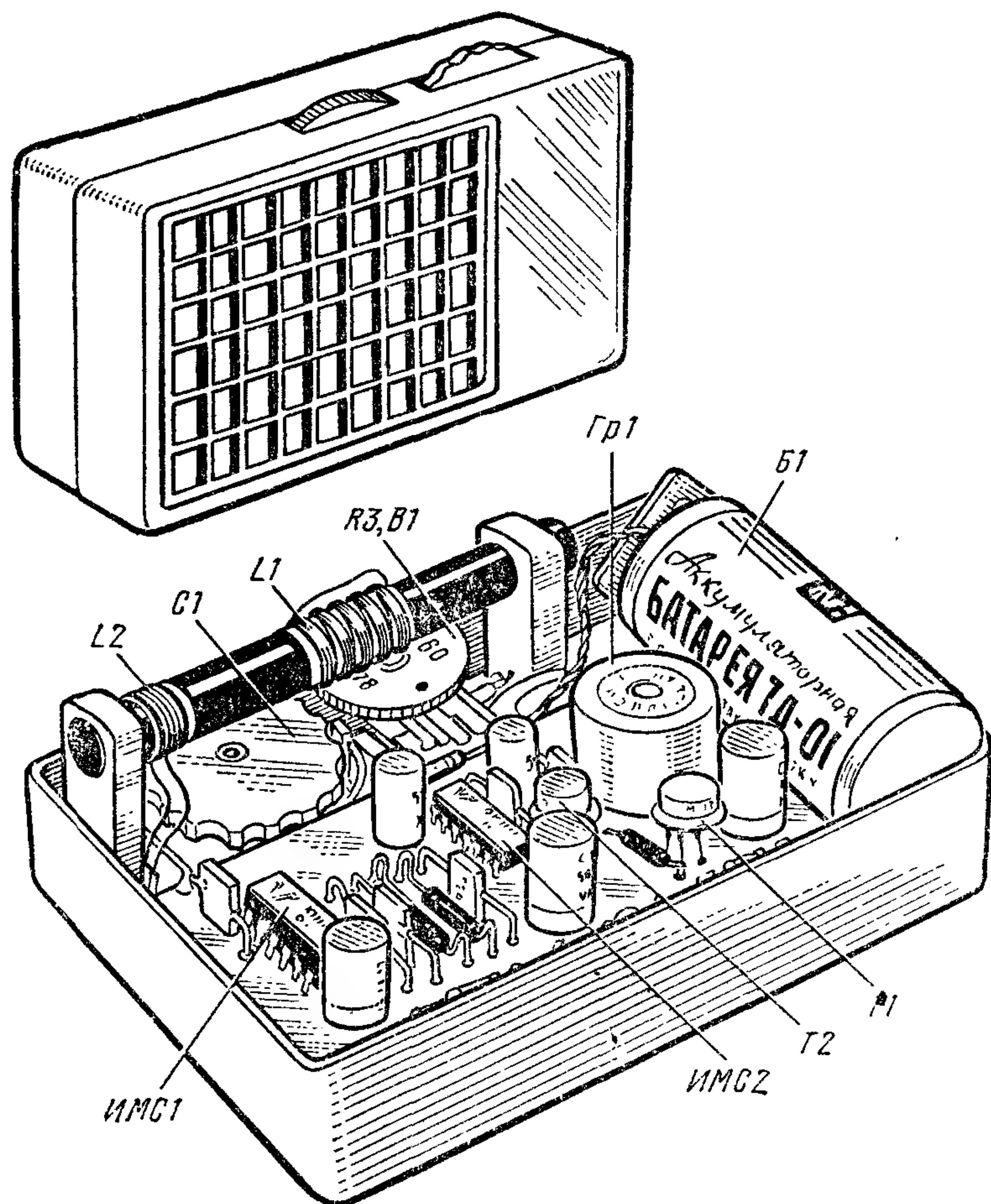


Рис. 3.8

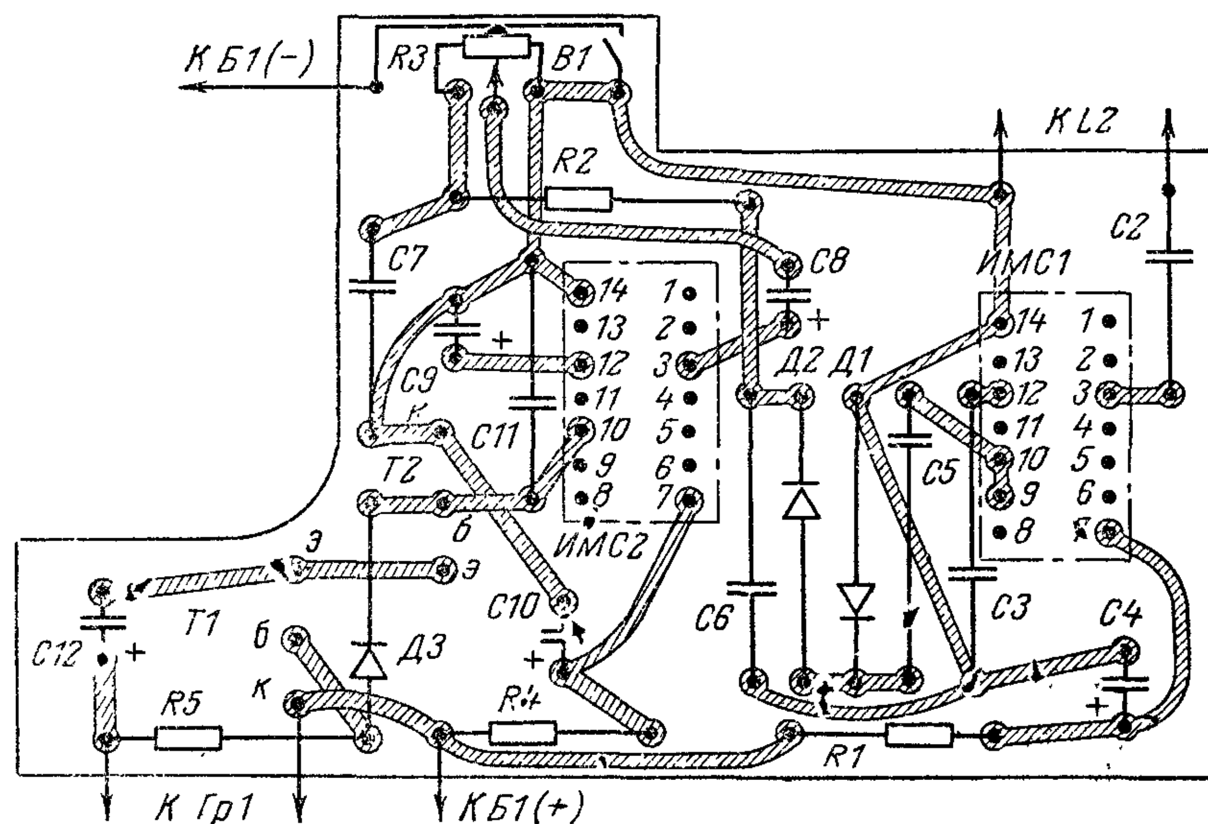


Рис. 3.9

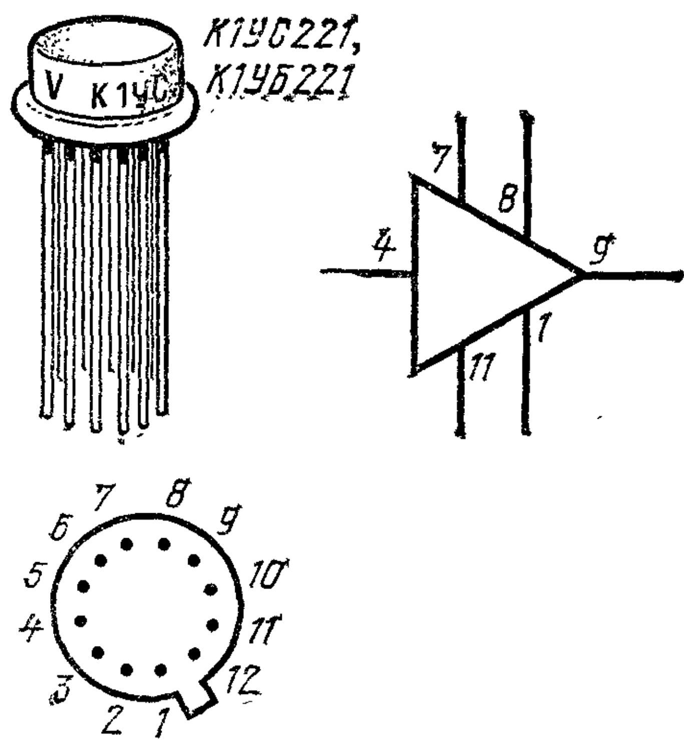


Рис. 3.10

звукосниматель электропроигрывающего устройства (ЭПУ) параллельно переменному резистору *R3*.

После этого переходят к налаживанию входной цепи приемника. Для контроля настройки используют в качестве образцового радиовещательный приемник с градуированной шкалой. Сначала, отодвинув катушку связи возможно дальше от контурной катушки, настраивают приемник конденсатором *C1* на радиостанцию наиболее длинноволнового участка диапазона (в диапазоне СВ, например, на радиостанцию «Маяк», работающую на волне 547 м). При этом емкость конденсатора *C1* должна быть близкой к максимальной. Чтобы увеличить индуктивность катушки и тем самым настроить приемник на наиболее длинноволновую станцию, прием которой возможен в данной местности, катушку надо переместить к середине ферритового стержня. В том же случае, когда при точной настройке емкость конденсатора не наибольшая, контурную катушку перемещают к концу стержня или уменьшают число ее витков. При этом несколько расширяется коротковолновый участок диапазона.

Затем приемник настраивают на какую-либо удаленную или слабо слышимую станцию и перемещением катушки связи по ферритовому стержню, добиваются наиболее громкого и неискаженного приема сигналов этой станции. Для устранения самовозбуждения, которое при этом может возникнуть, меняют местами выводы катушки связи. Если приемник все же возбуждается, то несколько увеличивают емкость конденсаторов *C6, C7*. Чтобы предотвратить возбуждение приемника при частично разрядившейся батареи, когда ее сопротивление переменному току увеличивается, между коллекторами транзисторов, т. е. между плюсовым и «заземленным» проводниками цепей питания, полезно включить электролитический конденсатор емкостью 50—100 мкФ на номинальное напряжение 10 В.

Какие изменения можно внести в приемник? Интегральные микросхемы К1УБ181Б можно заменить на К1УС181 с любым буквенным индексом. Схема распайки выводов интегральных микросхем при этом не изменяется, но чувствительность приемника может несколько снизиться. Можно также использовать в приемнике интегральные микросхемы серии К122—К1УБ221Б или К1УС221Б, внешний вид и цоколевка которых показаны на рис. 3.10. В этом случае схема приемника, монтажная плата и размещение деталей на ней остаются без изменений, но выводы интегральной микросхемы располагают вкруговую.

В выходном двухтактном каскаде вместо германиевых транзисторов можно использовать кремниевые с аналогичными параметрами, но разных структур: КТ315 *(T1)* и КТ361 *(T2)*. В этом случае последовательно с диодом *Д3* следует включить резистор такого номинала, чтобы падение напряжения на этой цепочке (т. е. между базами транзисторов) было 1,4—1,6 В.

ТРАКТ ВЧ НА БЛОК-СБОРКЕ БС-1

Появившаяся в продаже, а также на базах Посылторга блок-сборка БС-1 (рис. 3.11), содержащая в корпусе размером 12×12 мм два полевых транзистора с каналом *n*-типа и два биполярных транзистора структуры *n-p-n*, заинтересовала многих (и не только начинающих) радиолюбителей. Приводимое ниже описание высокочастотного тракта приемника прямого усиления на базе сборки БС-1 разработано в редакционной лаборатории журнала «Радио».

Принципиальная схема такого радиотехнического устройства изображена на рис. 3.12. Это — радиоприемная приставка к усилителю НЧ, представляющая собой двухкаскадный усилитель ВЧ с магнитной антенной на входе и детекторным каскадом на выходе. Выбор диапазона волн определяется местными условиями радиоприема.

Входной колебательный контур магнитной антенны *Ан1* образуют катушка индуктивности *L1* и конденсатор переменной емкости *C1*, которым настраивают приставку на несущую частоту принимаемой радиовещательной станции. С контура сигнал ВЧ подается на вход первого каскада на транзисторах *T2* (полевой) и *T1* (биполярный), включенных по каскодной схеме. Большое входное сопротивление полевого транзистора (мегаомы) позволило подключить к нему колебательный контур непосредственно, а не через катушку связи, образующую с контурной катушкой понижающий трансформатор. Благодаря каскодному включению транзисторов получен достаточно большой коэффициент усиления каскада без дополнительных резонансных контуров.

Начальное напряжение смещения на затвор полевого транзистора снимается с резистора *R4* в цепи истока и подается на него через контурную катушку *L1*, а на базу транзистора *T1* — с делителя напряжения *R1R2*. Конденсатор *C3* шунтирует базовую цепь транзистора *T2* по высокой частоте.

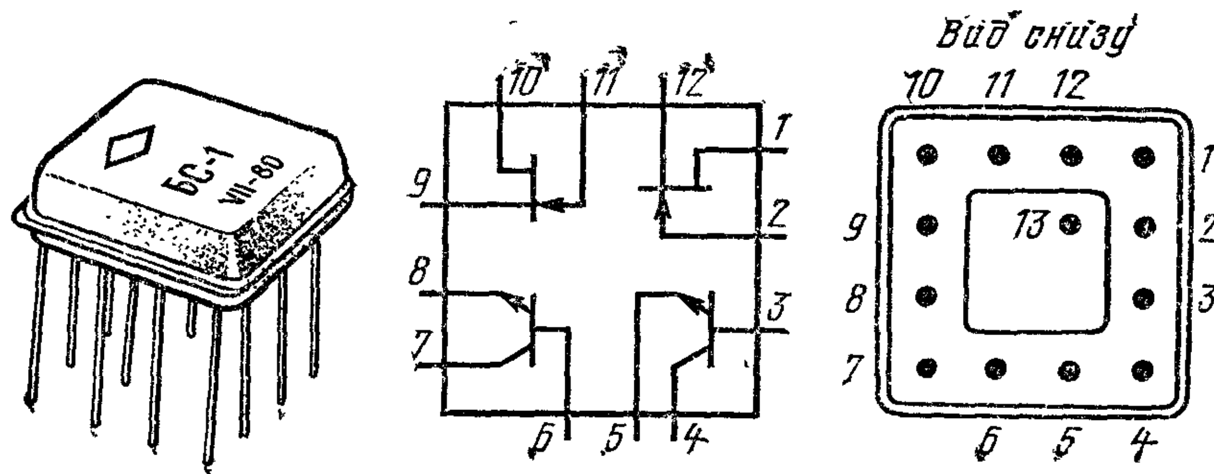


Рис. 3.11

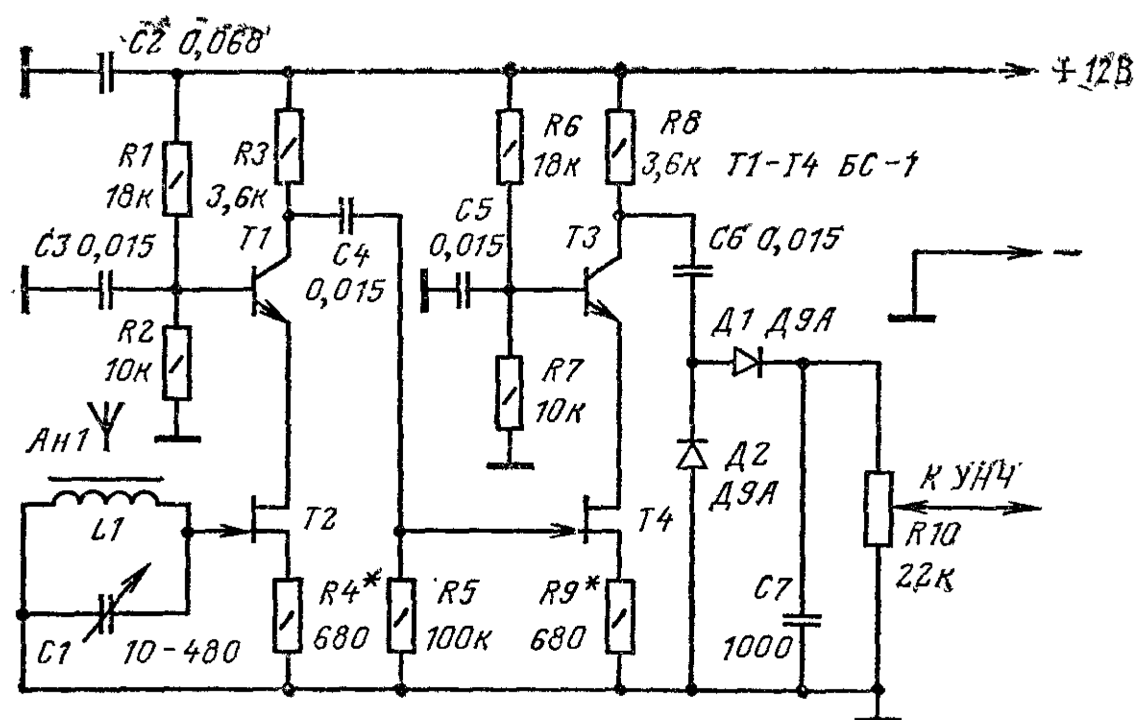


Рис. 3.12

Роль нагрузки первого каскада выполняет резистор *R3*. Снимаемый с него *ВЧ* сигнал через конденсатор *С4* поступает на вход второго каскада (для дополнительного усиления). Общий коэффициент усиления обоих каскадов равен 100, что обеспечивает приставке чувствительность, достаточную для приема отдаленных радиовещательных станций. С резистора *R8*, являющегося нагрузкой второго каскада, сигнал *ВЧ* поступает через конденсатор *С6* на вход детекторного каскада на диодах *Д1* и *Д2*, включенных по схеме умножения напряжения. С движка переменного резистора *R10* (нагрузки детектора) сигнал звуковой частоты подается на вход усилителя НЧ чувствительностью около 50 мВ.

Питать приставку можно от любого источника постоянного тока напряжением 12 В: выпрямителя со стабилизатором напряжения, батареи, составленной из элементов 332, 343, батарей 3336Л, от блока питания усилителя НЧ, совместно с которым приставка будет работать.

Конструкция магнитной антенны может быть такой же, как в предыдущем приемнике, но без катушки связи. Подойдет магнитная антенна от транзисторного приемника «Селга-404», при этом используют только одну из контурных катушек, удалив с ферритового стержня все остальные. Конденсаторы — малогабаритные КЛС, КМ, постоянные резисторы — МЛТ, МТ. Переменный резистор СПО-1, диоды — серии Д9 или Д2 с любым буквенным индексом.

Детали приставки, кроме магнитной антенны, можно смонтировать на плате размером примерно 60×60 мм. А на плате размером 60×120 мм можно разместить и детали несложного усилителя НЧ с выходной мощностью 0,1—0,5 Вт — получится законченный приемник прямого усиления, обеспечивающий громкий прием местных и отдаленных мощных радиовещательных станций.

Налаживание приставки сводится в основном к установке на коллекторах транзисторов *Т1* и *Т3* (относительно общего заземленного проводника цепи питания) напряжений, равных примерно 7 В. Делают это подбором резисторов *R4* и *R9*. Затем конденсатором *С1* настраивают приемник на какую-либо радиостанцию и проверяют качество звуковоспроизведения и работу переменного резистора *R10* как регулятора громкости. Без усилителя НЧ такую проверку производят на высокоомные головные телефоны, включенные между движком резистора *R10* и общим проводником через конденсатор емкостью 0,01—0,05 мкФ.

Чувствительность приставки можно повысить, шунтируя резисторы *R4* и *R9* автоматического смещения конденсаторами емкостью 500—1500 пФ. Чем больше емкость этих конденсаторов, тем слабее будут ООС между истоками и затворами полевых транзисторов, тем больше будет коэффициент усиления приставки. Но увеличивать чувствительность «про запас» не следует, так как усилитель ВЧ приставки может возбудиться или из-за перегрузки каскадов появятся искажения звука.

Приставка хорошо работает и при напряжении источника питания 4,5 В, например, от батареи 3336Л. В этом случае надо только подобрать резисторы *R4* и *R9* такими, чтобы на коллекторах транзисторов *Т1* и *Т3* было напряжение 2,5—3 В, и зашунтировать эти резисторы конденсаторами.

ВМЕСТО ШКАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА — МИКРОАМПЕРМЕТР

Конструкцию радиоприемника или тюнера с одним — тремя диапазонами можно упростить, если, как советует москвич А. Позгорев, вместо специального шкального устройства применить микроамперметр или миллиамперметр. Прибор включают в диагональ реохордного моста постоянного тока, переменный резистор которого (реохорд) механически (с помощью тросиковой передачи) связан с осью органа настройки (конденсатора переменной емкости (КПЕ) или переменного резистора). Шкалы частот наносят на подшкальник измерительного прибора любым доступным способом.

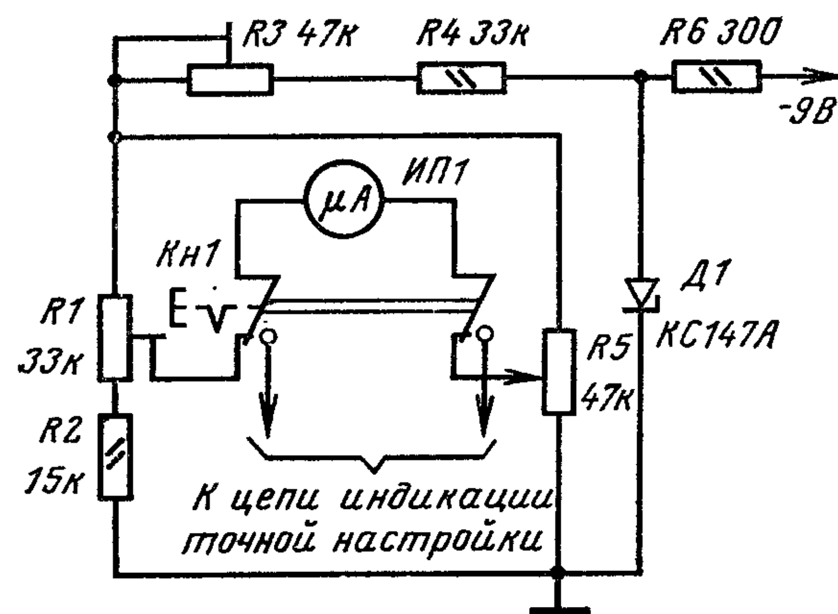


Рис. 3.13

На рис. 3.13 изображена схема такого устройства для приемника с напряжением питания +9 В. Плечи моста, в диагональ которого через контакты кнопки *Кн1* включен микроамперметр *ИП1* (М1360 с током полного отклонения 50 мкА и внутренним сопротивлением 910 Ом), образован резисторами *R1*, *R2* и *R5*. Последний механически связан с осью КПЕ. Для уменьшения нелинейности шкалы частот переменный резистор *R5* должен быть группы А, а рабочий угол поворота его оси необходимо ограничить 180—200°. На начальную отметку шкалы стрелку микроамперметра устанавливают подстроечным резистором *R1*, на конечную — резистором *R3*. Чтобы градуировка шкалы частот оставалась неизменной, напряжение, питающее мост, стабилизировано стабилитроном *Д1*. Если в приемнике есть стабилизатор напряжения питания гетеродина, то устройство целесообразно питать от него.

Стрелочный прибор *ИП1* можно использовать и в качестве индикатора точной настройки на радиостанцию. При нажатии на кнопку *Кн1*, микроамперметр подключается к цепи, в которой имеется сигнал для индикации точной настройки. Для различения режимов работы устройства в одном из них (например, в режиме индикации точной настройки) шкалу прибора желательно подсвечивать миниатюрной лампочкой накаливания, включаемой через еще одну контактную группу кнопки *Кн1*.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗОРА

Звуковое сопровождение телевизионных программ имеет высокое качество, которое, однако, редко полностью реализуется в телевизорах. К этому есть как объективные, так и субъективные причины. С одной стороны, практически вся фронтальная поверхность современных телевизоров занята экраном кинескопа и увеличивать ее (и, следовательно, в целом корпус телевизора) только для установки динамических головок крайне невыгодно. С другой стороны, естественно, что радиолюбители, увлекающиеся телевидением, уделяют прежде всего внимание качеству изображения — основной характеристике телевизора. Между тем эстетическое восприятие телевизионных передач зависит от многих факторов, в том числе и от качества звукового сопровождения.

Получить достаточно хорошее качество воспроизведения звука можно, применив несложный громкоговоритель, подобный тому, который использовался в телевизоре «Темп-7М». Такой громкоговоритель установил

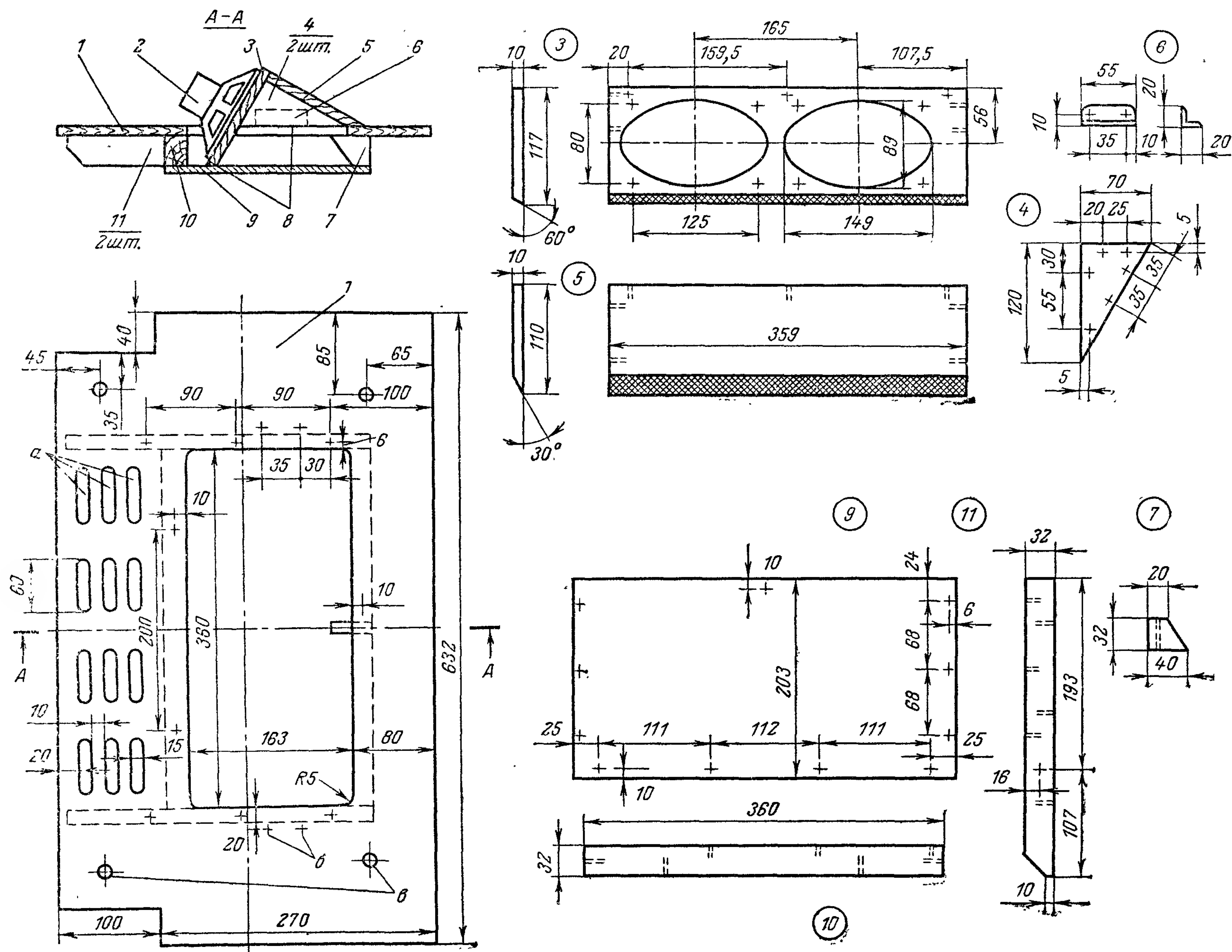


Рис. 3.14

в самодельном телевизоре с кинескопом 61ЛК1Б А. Семенов.

Конструкция громкоговорителя показана в разрезе на рис. 3.14. Он состоит из основания футляра телевизора *1*, динамических головок *2*, деталей уголкового отражателя *3—6*, *8* и резонатора *7*, *9—11*. Достоинство конструкции состоит в том, что размеры телевизора по фронтальной поверхности при использовании подобного громкоговорителя будут определяться практически только кинескопом и органами управления.

Основание футляра телевизора *1* изготавливают из фанеры толщиной 10 мм. Отверстия *а* служат для вентиляции, а уголковый отражатель с динамическими головками устанавливают в прямоугольном окне размером 360×163 мм. Все отверстия, помеченные крестиками, — сквозные, под шурупы. В точках *в* прикрепляют ножки для телевизора. Детали *3—5* уголкового отражателя изготавливают из фанеры толщиной 10 мм и соединяют между собой клеем и шурупами. На деталях *4* двумя шурупами закрепляют уголки *5*, выполненные из дюралюминия толщиной 2 мм. Для устранения вибраций при воспроизведении низших частот торцы деталей *3—5*, прилегающие к основанию футляра и резонатору, оклеивают мягкой тканью *8*.

На доске *3* устанавливают две динамические головки *2* (1ГД-36) с собственными резонансными частотами 100 и 140 Гц. Катушки головок соединяют последовательно. Уголковый отражатель крепят на внутренней стороне основания футляра шурупами в точках *б* уголками *6*.

Детали *11* и *7* резонатора выпиливают из фанеры толщиной 12 мм, деталь *10* — из фанеры толщиной 20 мм, а *9* — из фанеры толщиной 3 мм. Детали *7*, *10* и *11* соединяют с основанием футляра клеем и шурупами. Кроме того, детали *11* скрепляют клеем и шурупами с деталью *10*. Так же крепят и пластину *9*.

Подобный громкоговоритель можно установить и в заводской телевизор. Он хорошо работает с усилителями звуковых частот унифицированных телевизоров УНТ-47/59, УЛТ-47/59-II-1 и т. п.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ТЕЛЕВИЗОРА

Многие радиолюбители стремятся усовершенствовать телевизоры заводского изготовления, ввести в них устройства, делающие эксплуатацию более удобной. К числу таких устройств относятся автоматические выключатели, отключающие телевизоры после окончания передач. Управляющими сигналами для таких выключателей могут служить постоянные напряжения, снимаемые с дробного детектора канала звукового сопровождения или с управляющей сетки лампы амплитудного селектора, или видеосигнал с видеоусилителя, или смесь синхроимпульсов с амплитудного селектора. Все эти сигналы по окончании программ телевидения пропа-

дают, что и приводит к срабатыванию автоматических выключателей.

Подобные устройства помимо очевидного требования — простоты эсплуатации — должны удовлетворять и еще некоторым условиям, к числу которых относятся и отсутствие потребления энергии после выключения собственно телевизора и минимальные переделки в телевизоре. Устройства, отвечающие всем этим требованиям, разработал Ю. Гунченко из Полтавы, который взял за основу автоматический выключатель, предложенный А. Никулиным из Уфы.

Принципиальная схема этого устройства приведена на рис. 3.15. Единственная переделка, которую нужно произвести в телевизоре, — установить вместо выключателя питания две кнопки *Кн2* и *Кн1* (соответственно *Включение* и *Выключение*).

Интересной особенностью этой конструкции является то, что телезритель может и не знать о наличии в телевизоре автоматического выключателя, но это не помешает ему пользоваться телевизором. Действительно, при нажатии на кнопку *Кн2* на выходе выпрямителя на диодах *Д1* и *Д2* появится постоянное напряжение, реле *Р2* сработает и разомкнет контакты *Р2.1*. Конденсатор *С4* начинает заряжаться. Ток заряда, протекающий через обмотку реле *Р1*, приводит к срабатыванию реле. Контакты *Р1.1* замыкаются и блокируют кнопку *Кн2*. Заметим, что сразу после нажатия на кнопку напряжение сети подается помимо автоматического выключаля и на телевизор. Если теперь отпустить кнопку *Кн2*, то телевизор останется включенным до тех пор, пока ток заряда конденсатора *С4* превышает ток отпускания реле *Р1*. Постоянная времени цепи конденсатор *С4* — обмотка реле *Р1* выбрана такой, что, прежде чем реле отпустит, с видеоусилителя на автоматический выключатель поступит видеосигнал. Он подается через развязывающую цепочку *R1C1* на колебательный контур *L1C2*, который настроен на частоту следования строчных синхроимпульсов. Выделенный контуром синусоидальный сигнал поступает на базу транзистора *Т1*. Отрицательные полуволны сигнала открывают транзистор (до насыщения). Ток, протекающий через транзистор, достаточен для надежного удержания контактов реле *Р1.1* в замкнутом состоянии. Разумеется, если в данный момент на выбранном канале нет передач, то видеосигнал не поступит на автоматический выключатель и через некоторое время он выключит телевизор.

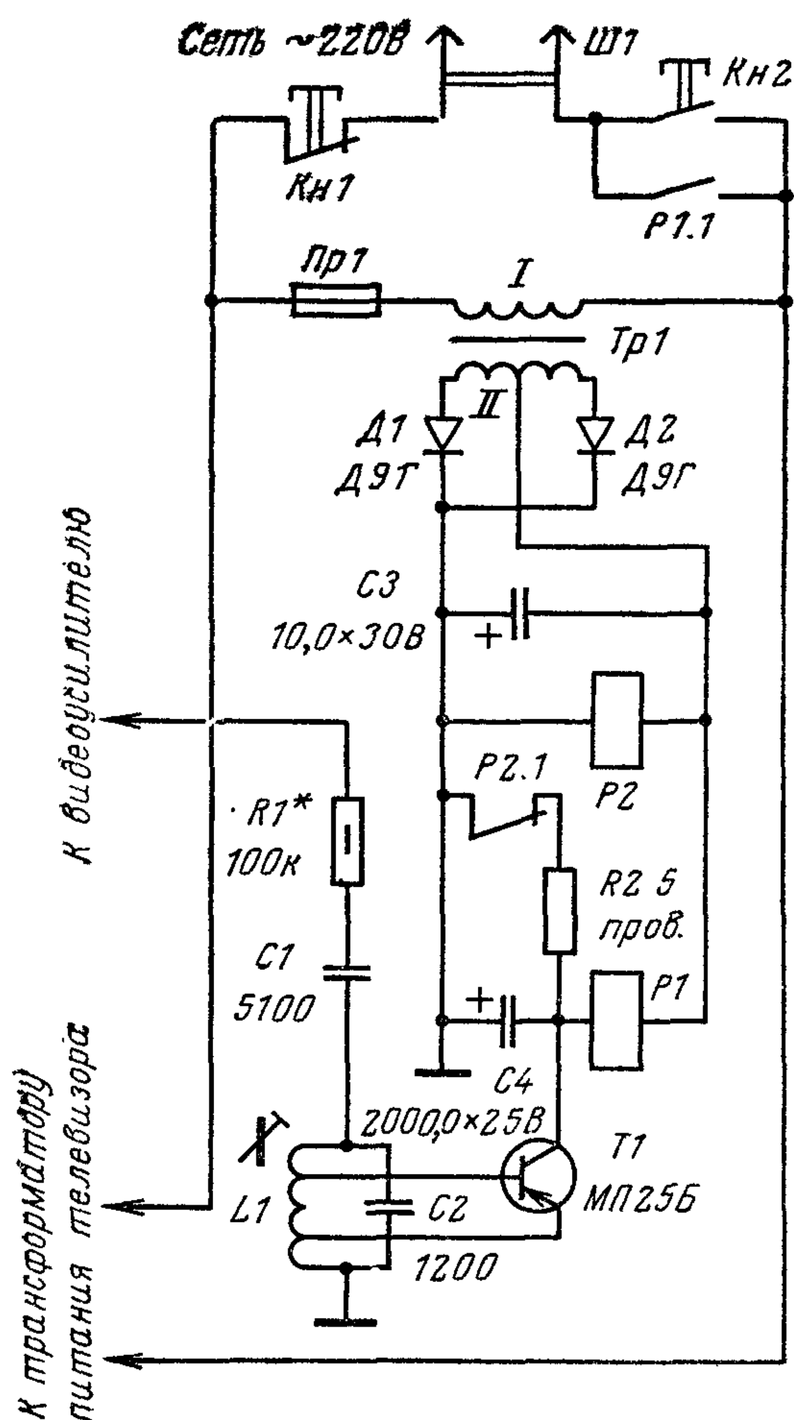


Рис. 3.15

Когда транзистор *Т1* открыт, то конденсатор разряжен практически до нулевого напряжения (точнее, до напряжения насыщения транзистора *Т1*). Как только по окончании передач вместе с видеосигналом пропадут и синхроимпульсы, транзистор *Т1* закроется. Конденсатор *С4* начнет заряжаться, и некоторое время ток его заряда будет поддерживать замкнутыми контакты *Р1.1*. Однако, когда ток станет меньше тока отпускания реле *Р1*, контакты разомкнутся и телевизор выключится. При этом отпустит реле *Р2*, и конденсатор *С4* быстро разрядится через резистор *R2*. Устройство будет подготовлено к следующему включению.

Для того чтобы выключить телевизор вручную, достаточно нажать кнопку *Кн1* — цепь питания выключателя будет разорвана и он вернется в исходное обесточенное состояние.

Конструкция. Трансформатор *Т1* намотан на магнитопроводе Ш12×15. Обмотка I содержит 6000 витков провода ПЭВ-2 0,1, а обмотка II—600+600 витков провода ПЭВ-2 0,12.

Катушка *L1* намотана проводом ПЭВ-1 0,23 на цилиндрическом бумажном каркасе с внутренним диаметром 8,5 мм и длиной 35 мм. Она имеет 1200 витков с отводами от 8—12-го и от 120-го витков, считая от соединенного с общим проводом вывода катушки. Сердечник катушки — стержневой цилиндрический из феррита марки 700НМ. Диаметр сердечника 8 мм, а длина 50 мм.

Автор использовал в своей конструкции реле *(Р1)* типа РКМ-1 (паспорт РС4.503.842Сп) и реле *(Р2)* типа РСМ-2 (паспорт Ю.171.81.21 или РФ4.500.034П1).

Налаживание устройства производят в следующем порядке. Сначала эмиттерный вывод транзистора *Т1* отключают от катушки *L1* и соединяют с общим проводом. Резистор *R1* подключают к аноду лампы (или к коллектору транзистора) выходного каскада видеоусилителя. Контролируя ВЧ вольтметром напряжение на контуре *L1C2*, подстраивают сердечник до получения максимального напряжения. Эту операцию надо проводить во время приема программ, а питание на телевизор подавать, минуя автоматический выключатель.

Положительная обратная связь вводится в автоматическом выключателе для повышения чувствительности устройства и его избирательности. Для этого эмиттерный вывод транзистора *Т1* подключают к одному из выводов 8—12-го витка катушки *L1*. Начинают с 12-го витка — каскад на транзисторе *Т1* должен возбудиться. О самовозбуждении, например, свидетельствуют замкнутые контакты *Р1.1* реле *Р1* при отсутствии видеосигнала. Переключая последовательно вывод эмиттера транзистора *Т1* на 11-й, 10-й и т. д. виток, добиваются срыва генерации каскада. Эту операцию проводят, когда резистор *R1* отключен от выходного каскада усилителя. Восстановив цепь, подбирают резистор *R1* по устойчивому срабатыванию реле *Р1* при подаче видеосигнала.

Такой автоматический выключатель не вызывает никаких осложнений при его установке в телевизор с сенсорным переключателем каналов, так как подобные устройства практически мгновенно переключают программы. В телевизорах с механическими селекторами каналов барабанного типа автоматический выключатель может выключить телевизор, если во время переключений задержаться на свободном от передач канале. Этого можно избежать, если переставить в селекторе гетеродинные и антенные катушки так, чтобы переключение программ, передаваемых в данной местности, происходило последовательно без пробелов.

ГЕНЕРАТОР ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОЛОС

Используя интегральные цифровые микросхемы, можно создавать простую в изготовлении и налаживании измерительную аппаратуру. Удачным примером служит простой генератор вертикальных полос, предложенный москвичами В. Кобзевым и А. Козловым. Генератор предназначен для налаживания и отыскания неисправностей видеоусилителей, узла ключевой АРУ, селектора, узла АПЧФ, задающего и выходного каскадов строчной развертки телевизоров.

Генератор вырабатывает видеосигнал (рис. 3.16), состоящий из строчных гасящих импульсов *1*, строчных синхроимпульсов *2*, между которыми расположены видеоимпульсы *3*, создающие на экране изображение вертикальных полос.

Устройство (рис. 3.17) состоит из генератора гасящих импульсов на интегральной микросхеме *D1*, генератора импульсов вертикальных полос на интегральной микросхеме *D2* и генератор строчных синхроимпульсов на интегральных микросхемах *D3* и *D4*. Все три генератора выполнены по идентичным схемам на элементах

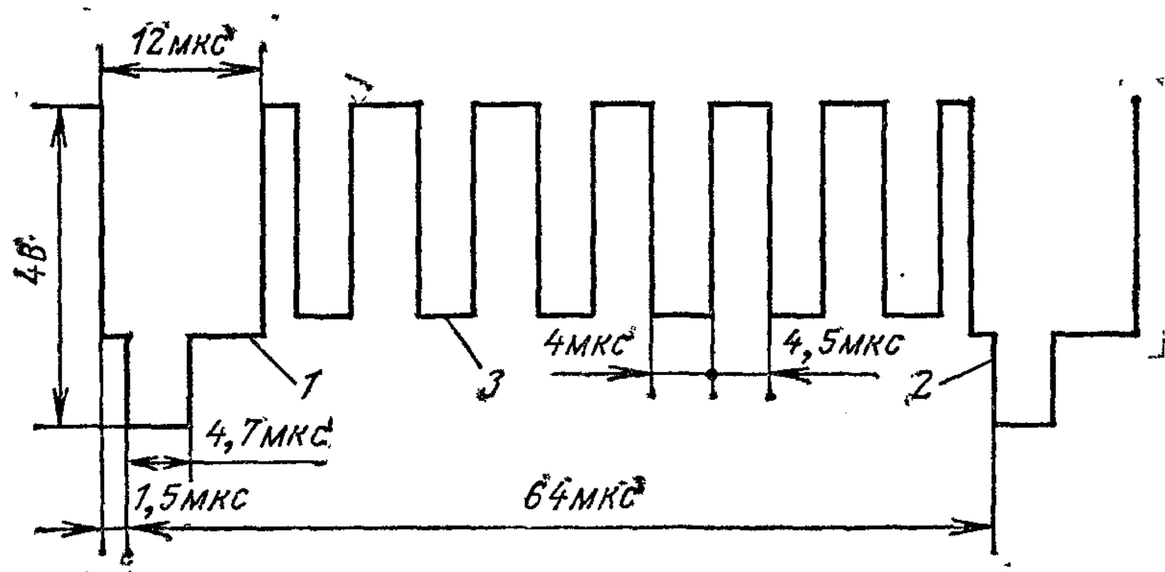


Рис. 3.16

2И-НЕ и отличаются лишь номиналами элементов, определяющих параметры импульсов (соответственно *C1C2R1*, *C3C4R2* и *C8C9R9*). Генератор гасящих импульсов работает в автоколебательном режиме и синхронизирует работу двух других генераторов.

Для задержки синхроимпульсов относительно фронта гасящих импульсов на 1,5 мкс в генератор строчных синхроимпульсов введена линия задержки *D5*. Поскольку у примененной линии полная задержка больше 1,5 мкс, то сигнал на инвертор *D3.3* поступает с отвода.

С выходов этих генераторов импульсы через разделительные конденсаторы *C5—C7* поступают в смеситель, выполненный на резисторах *R3—R6*, *R8*. Резистором *R8* регулируют амплитуду выходного напряжения видеосигнала, а резистором *R4* — амплитуду сигналов, создающих изображение вертикальных полос. Сформированный видеосигнал подается на выходной разъем *Ш2*, а на разъем *Ш1* через инвертор на элементе *D3.1* поступают импульсы с генератора гасящих импульсов. Их можно использовать для синхронизации развертки осциллографа при отыскании неисправностей и налаживании телевизора.

Кроме интегральных микросхем К133ЛА3 в генераторе можно применить аналогичные микросхемы других серий транзисторно-транзисторной логики, например К155ЛА3. Линию задержки ЛЗТ-2-1200 (полная задержка 2 мкс, характеристическое сопротивление 1200 Ом) можно заменить любой другой, обеспечивающей необходимую задержку. При использовании линий задержки с другими значениями характеристических сопротивлений необходимо подобрать резистор *R7* (его сопротивление должно быть равно характеристическому сопротивлению линии).

Устройство питается от четырех элементов 343. Номинальное напряжение питания (+5 В) устанавливают подстроечным резистором *R10*.

Рис. 3.17

РАДИОСПОРТИВНАЯ ТЕХНИКА

ГЕНЕРАТОРЫ С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ЧАСТОТЫ

При конструировании приемно-передающей аппаратуры и других устройств часто возникает необходимость в опорном генераторе с кварцевой стабилизацией частоты. Если рабочая частота не превышает 10—15 МГц, то такой генератор удобно выполнить на интегральных микросхемах серии К122. Один из вариантов опорного генератора на частоту 500 кГц для блока формирования SSB-сигнала предложил Е. Фирсов из Мурома. Его схема приведена на рис. 4.1. В генераторе использована интегральная микросхема К1УС222В, представляющая собой каскодный усилитель. Контур *L1C1* настроен на рабочую частоту. Кварцевый резонатор здесь возбуждается на частоте последовательного резонанса. Если нет необходимости регулировать амплитуду выходного напряжения, то переменный резистор *R1* следует исключить. По этой же схеме можно выполнить и генераторы на более высокую частоту.

Принципиальная схема генератора с кварцевой стабилизацией частоты на интегральной микросхеме К1УС221Б показана на рис. 4.2. Этот генератор позволяет получить синусоидальные колебания амплитудой

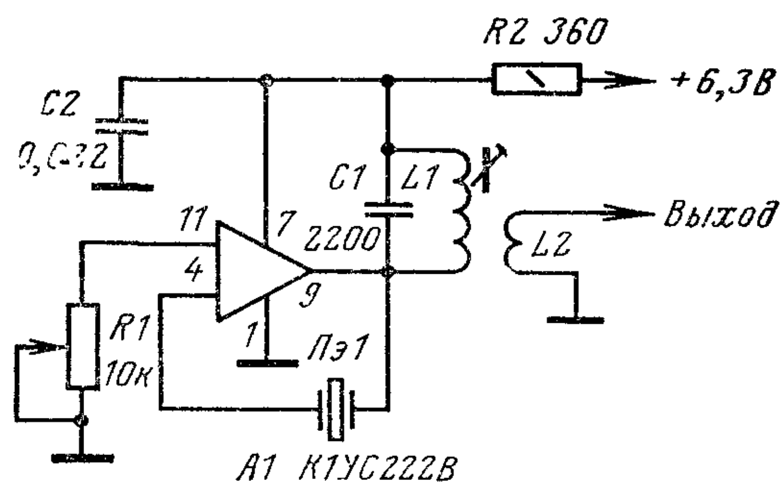


Рис. 4.1

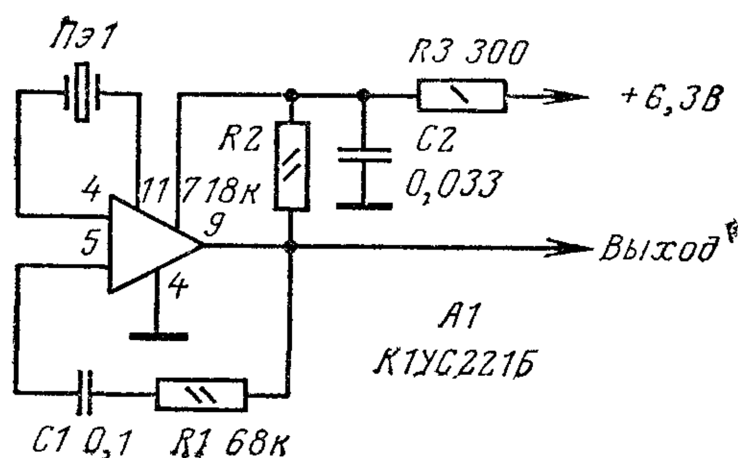


Рис. 4.2

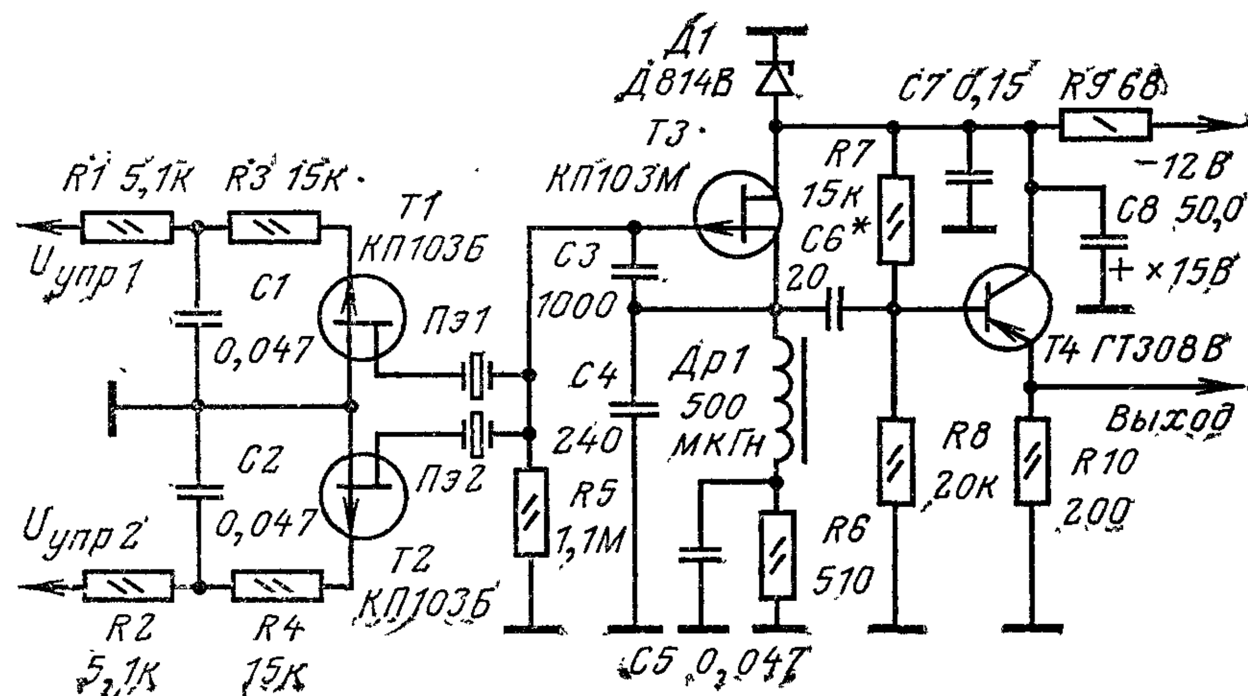


Рис. 4.3

0,18—0,6 В. Он хорошо возбуждается с кварцевыми резонаторами на частоты от 2 до 10 МГц. Так же как и в предыдущем устройстве, кварцевый резонатор работает на частоте последовательного резонанса. Форму колебаний корректируют подбором резистора *R1*, а режим возбуждения устанавливают подбором резистора *R2*. Предложил этот генератор В. Шумовский.

Электронная коммутация низко- и высокочастотных цепей находит все большее применение в радиолюбительских конструкциях. Ее легко реализовать и в генераторах с кварцевой стабилизацией частоты. Принципиальная схема опорного генератора блока формирования SSB-сигнала с электронной коммутацией кварцевых резонаторов приведена на рис. 4.3. Собственно генератор выполнен на полевом транзисторе *Т3*, а каскад на транзисторе *Т4* — эмиттерный повторитель, повышающий нагрузочную способность генератора.

Электронный коммутатор собран на полевых транзисторах *Т1* и *Т2*. Если на затвор одного из этих транзисторов подать через ограничивающие резисторы (*R3* или *R4*) управляющее напряжение +12 В, то соответствующий резонатор окажется подключенным к общему проводу через небольшое сопротивление сток-исток открытого транзистора. В генераторе возникнут колебания с частотой, определяемой этим резонатором. В это время на второй транзистор управляющее напряжение не подается, его затвор оказывается соединенным с общим проводом (через резисторы *R1*, *R3* или *R2*, *R4*). Сопротивление сток-исток транзистора будет большим, и кварцевый резонатор, последовательно с которым включен этот транзистор, не будет влиять на частоту генерации.

В качестве управляющих транзисторов лучше всего использовать транзисторы с минимальным сопротивлением сток-исток в открытом состоянии, например КП103К, Л, М или 2П103В, Г, Д.

Подобный генератор с электронной коммутацией кварцевых резонаторов применили в своем трансивере куйбышевские радиолюбители В. Кобзев, Г. Рощин и С. Севастьянов.

ГЕНЕРАТОРЫ ПЛАВНОГО ДИАПАЗОНА

Стабильность частоты излучаемого сигнала — одна из основных характеристик передающего тракта любительской радиостанции. Если нестабильный гетеродин приемника создает лишь неудобства в работе (его необходимо постоянно подстраивать), то для передающей аппаратуры нестабильность частоты излучаемого сигнала может привести уже к серьезному нарушению — работе вне любительских диапазонов.

В соответствии с «Инструкцией о порядке регистрации и эксплуатации любительских радиостанций коллективного и индивидуального пользования» уход частоты передатчика не должен превышать 0,02% в течение 15 мин, причем в любом случае излучаемый сигнал не должен оказываться вне пределов любительских диапазонов. Следует отметить, что первое требование достаточно мягкое и выполнение его обеспечивает по существу на КВ диапазонах бесподстроечную связь в течение 15 мин лишь амплитудной модуляцией, уже не пользующейся популярностью у радиолюбителей. Действительно, в диапазоне 10 м допустимый уход частоты составит примерно 600 Гц — значение совершенно неприемлемое ни для однополосной, ни для телеграфной радиосвязи.

При конструировании любительской радиостанции более правильным является задание абсолютной неста-

бильности частоты излучаемого сигнала вне зависимости от используемого диапазона. Наиболее жесткие требования будут для радиостанций, работающих однополосной модуляцией. Уход частоты приемника или передатчика для бесподстроечной радиосвязи не должен превышать 20—50 Гц за 10—15 мин. В противном случае разборчивость сигнала корреспондента снизится настолько, что возникнет необходимость подстроить приемник или трансивер. Для телеграфной связи требования к стабильности частоты менее жесткие — изменение тональности сигнала радиостанции на 100 Гц будет, конечно, отмечено нашим слухом, но практически не повлияет на разборчивость принимаемых сигналов. Однако не следует забывать, что полоса занимаемых частот для телеграфного сигнала не должна превышать 100 Гц, и выход за эти пределы по стабильности частоты, по существу, переход на другой, соседний, канал связи со всеми вытекающими отсюда последствиями (помехи для работы других любительских радиостанций, возможность потерять в помехах своего корреспондента).

Помимо кратковременной (за время одной радиосвязи) стабильности частоты важна еще и долговременная стабильность, гарантирующая работу любительской радиостанции в пределах соответствующего любительского диапазона. В самом деле, постоянный дрейф частоты передатчика со скоростью даже 50 Гц за 15 мин в течение 10 ч непрерывной работы(например, в соревнованиях) изменит шкалы трансивера уже на 2 кГц. А это значит, что при работе вблизи границ любительских диапазонов (или поддиапазонов по видам работы) возможно нарушение частотного распределения. Хорошая аппаратура должна обеспечивать долгосрочную стабильность примерно 1 кГц за 10—12 ч непрерывной работы. Во всяком случае владелец любительской радиостанции должен точно знать ее долгосрочную стабильность и не работать вблизи границ диапазонов без проверки калибровки шкалы приемника, передатчика или трансивера. Естественно, что при такой проверке нельзя ориентироваться на сигналы других любительских радиостанций, а следует воспользоваться кварцевым калибратором частоты.

Подавляющее большинство современной аппаратуры для радиоспорта выполняется по схемам со смешением частоты и, следовательно, имеет несколько гетеродинов. В общем случае стабильность частоты излучаемого сигнала зависит, конечно, от всех гетеродинов трансивера*, но нестабильностью частоты низкочастотных, а также высокочастотных гетеродинов с кварцевой стабилизацией можно обычно пренебречь. Наибольшие трудности с точки зрения обеспечения высокой стабильности частоты возникают, если трансивер выполняется по схеме с перестраиваемым первым гетеродином и фиксированным значением первой промежуточной частоты. Подобные схемные решения тем не менее пользуются очень большой популярностью среди радиолюбителей, поскольку в ряде случаев заметно упрощают конструкцию трансивера, позволяют избежать применения дефицитных кварцевых резонаторов, обеспечивают некоторые эксплуатационные удобства.

В аппаратуре, выполненной по схеме с перестраиваемым первым гетеродином, максимальная частота на выходе генератора плавного диапазона (ГПД) может достигать 25—27 МГц, а сам ГПД неизбежно содержит коммутируемые частотозадающие элементы (конденсаторы, катушки индуктивности). Возможны два варианта построения ГПД: либо он работает сразу на основной частоте, либо в нем используется умножение частоты.

Принципиальная схема ГПД первого типа (его применил в КВ приемнике Я. Лаповок) приведена на рис. 4.4. Гетеродин рассчитан на первую промежуточную частоту 5,5 МГц, поэтому его частота изменяется в пределах: 9—9,4 МГц (диапазон 3,5 МГц); 12,5—12,7 МГц (диапазон 7 МГц); 8,5—8,85 МГц (диапазон 14 МГц); 15,5—16,1 МГц (диапазон 21 МГц); 22,5—24,2 МГц (диапазон 28 МГц); 11,5—17,5 МГц (обзорный диапазон 6—12 МГц, охватывающий вещательные диапазоны 49, 41, 31 и 25 м).

Задающий генератор выполнен по схеме индуктивной «трехточки» на транзисторе *Т2*. Необходимая растяжка на всех используемых диапазонах обеспечивается в этом ГПД подключением конденсаторов *С10—С25* как параллельно, так и последовательно основному конденсатору настройки.

---

* Для простоты мы в дальнейшем будем говорить о трансиверах как о наиболее распространенном в настоящее время виде спортивной радиоаппаратуры, но все сказанное, естественно, относится и к приемникам, и к передатчикам.

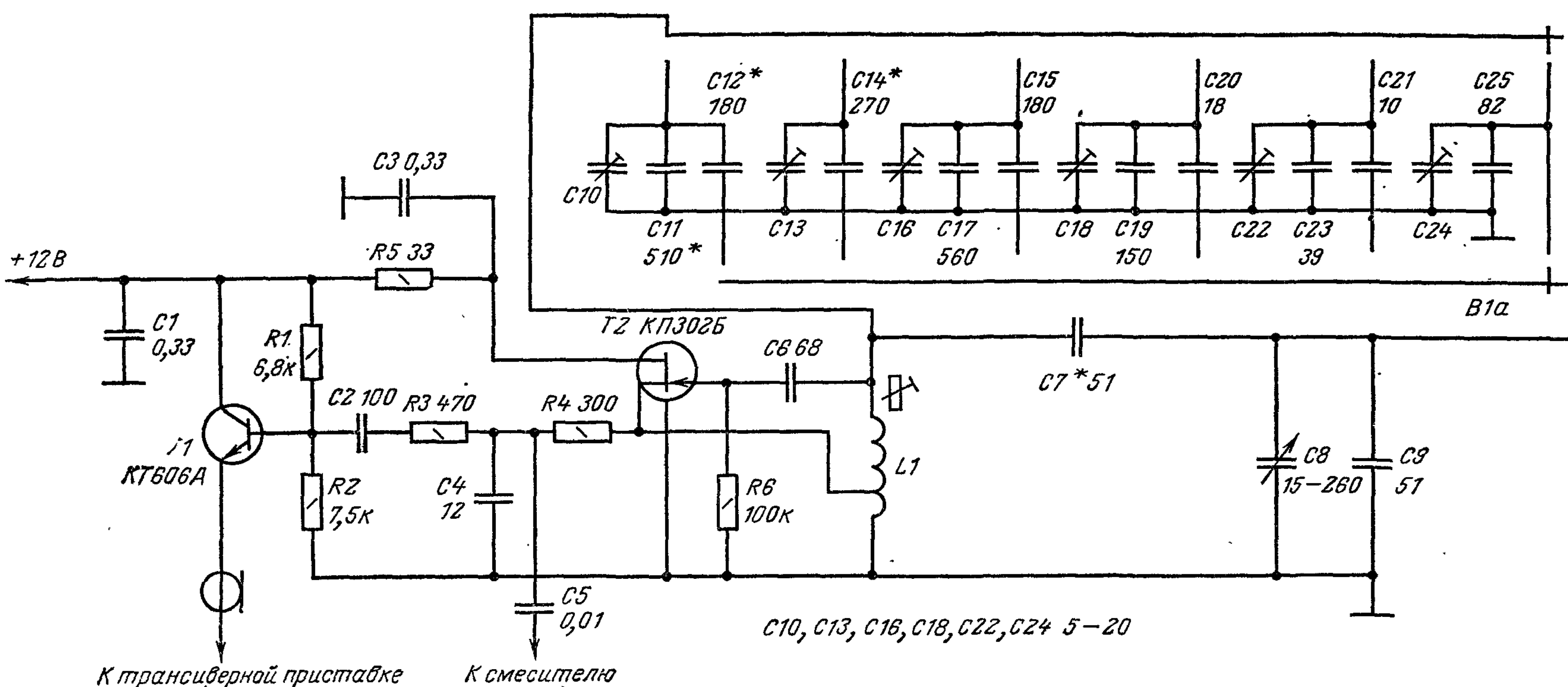


Рис. 4.4

На смеситель приемника сигнал поступает непосредственно с задающего генератора, поскольку смеситель выполнен на двухзатворном полевом транзисторе КП350А и не нагружает его. Для того чтобы приемник можно было использовать совместно с трансиверной приставкой, в ГПД введен эмиттерный повторитель на транзисторе *Т2*. Применение в этом каскаде достаточно мощного сверхвысокочастотного транзистора позволило подключать трансиверную приставку через коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Нагрузка транзистора *Т1* (резистор сопротивлением 75 Ом) находится в трансиверной приставке. Цепочка *C2R3C4* обеспечивает постоянство амплитуды гетеродина во всем рабочем диапазоне. Этот ГПД развивает напряжение 1—1,5 В на нагрузке 75 Ом.

Конструкция. Катушка *L1* намотана внатяг медной шиной 2×0,3 мм по клею БФ-2 с последующей сушкой на керамическом каркасе диаметром 18 мм. Она содержит пять витков. Длина намотки 15 мм. Катушку *L1* можно намотать и проводом ПЭВ-2 диаметром 1,5 мм, укладывая витки в канавки каркаса. Сердечник катушки представляет собой латунный стакан диаметром 10 мм и длиной 8 мм. Стенки стакана должны быть толщиной 0,5—1 мм.

Конденсатор переменной емкости использован от радиостанции РБМ. Может быть применен и другой КПЕ, статорные пластины которого укреплены на керамике, а роторные — на шариковых подшипниках. При использовании высококачественных деталей и тщательном исполнении такой ГПД способен обеспечить очень хорошие параметры трансивера. Однако трудности в реализации высокой стабильности гетеродина возрастают примерно пропорционально квадрату его рабочей частоты, поэтому радиолюбители чаще используют второй вариант построения ГПД, когда собственно генератор работает на относительно низких частотах, а требуемая выходная частота получается умножением (обычно удвоением или, максимум, утроением) частоты в отдельном каскаде. Такое решение требует несколько большего числа элементов для ГПД, но упрощает его налаживание.

Примером несложного ГПД подобного типа служит другая конструкция Я. Лаповка. Этот ГПД рассчитан на применение в трансиверах с промежуточной частотой 5,5 МГц. Естественно, что изменив соответствующим образом номиналы частотоопределяющих элементов, его можно использовать и в аппаратах с другими значениями промежуточной частоты.

Принципиальная схема такого ГПД приведена на рис. 4.5. Задающий генератор собран на транзисторе *Т1* по схеме емкостной «трехточки». Выбор рабочего диапазона осуществляется переключателем *В1*, плата *В1а* которого подключает к колебательному контуру задающего генератора *L11C15C14** конденсаторы *С16—С23*. В зависимости от положения переключателя диапазонов *В1* задающий генератор вырабатывает колебания частотой 9000—9150 кГц (при работе в диапазоне 80 м), 6250—6300 кГц (40 м), 8500—8850 кГц (20 м), 7750—7975 кГц (15 м) и 11250—12100 кГц (10 м). При таком выборе частот задающего генератора блок формирования SSB-сигнала (тракт ПЧ приемника) должен обеспечивать формирование (прием) сигнала с верхней боковой полосой. Тогда принятое в любительской практике распределение полос (нижняя — в диапазонах 40 и 80 м, верхняя — в остальных диапазонах) будет соблюдаться автоматически. Необходимое перекрытие по частоте (с запасом на краях по 10—20 кГц по отношению к приведенным выше значениям) устанавливается на диапазоне 10 м подстроечником катушки индуктивности *L11*, а при необходимости и подбором конденсатора *С14*. На остальных диапазонах перекрытие по частоте достигается соответствующим подстроечным конденсатором.

Каскад на транзисторе *Т2* — усилитель-удвоитель. Цепочка *R7C4* обеспечивает необходимое автоматическое смещение для этого каскада. В диапазонах 80 и 20 м он работает как усилитель, а в остальных — как удвоитель частоты. Высокочастотное напряжение, выделенное одним из контуров в коллекторной цепи этого транзистора (*L2C7, L4C8, L6C9, L8C10, L10C11* в зависимости от выбранного диапазона), поступает через соответствующую катушку связи на смесители трансивера.

---

* Разделительный конденсатор *С13* и конденсаторы *С5, С6* в цепи обратной связи также влияют в некоторой степени на частоту задающего генератора.

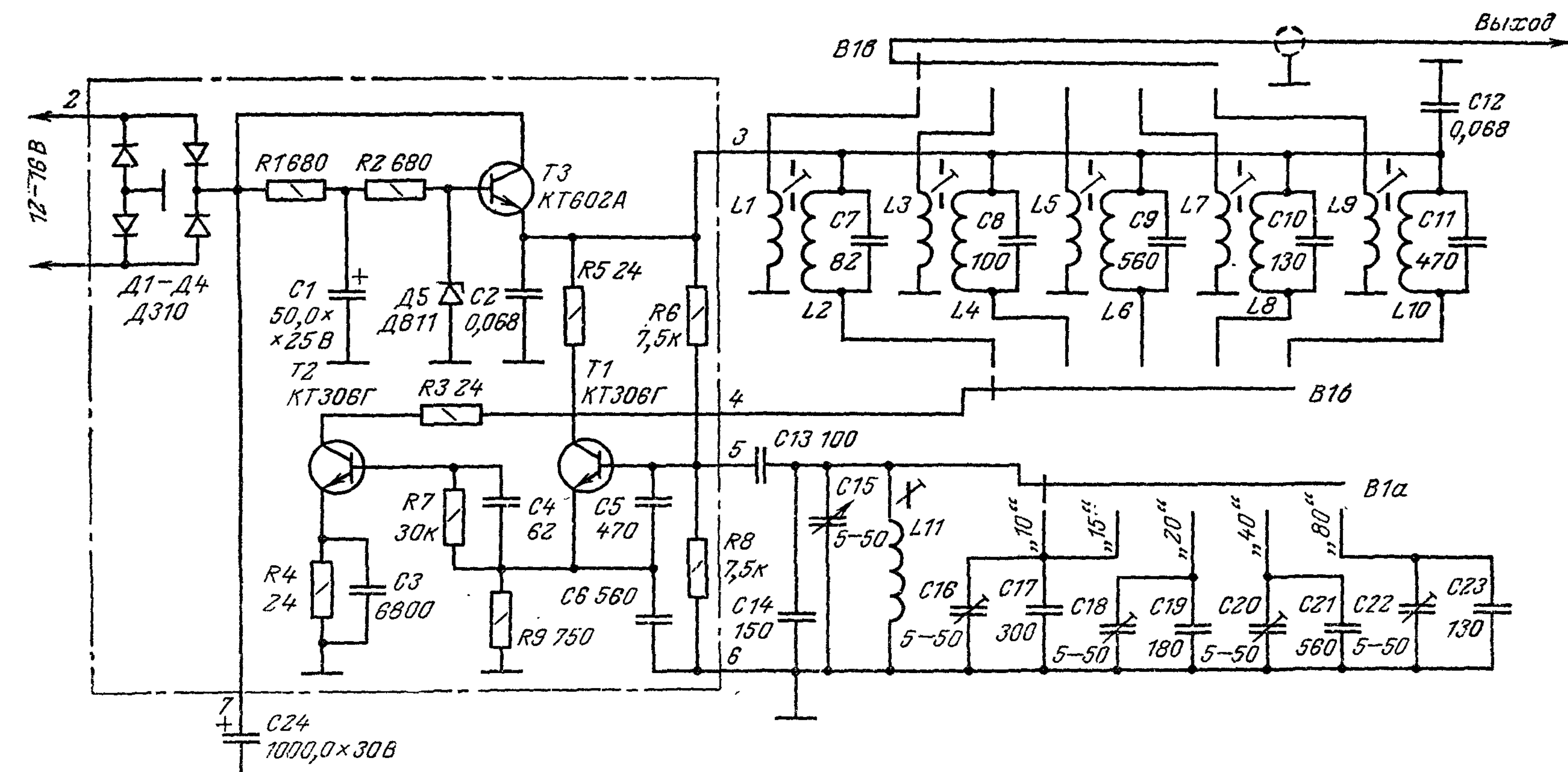


Рис. 4.5

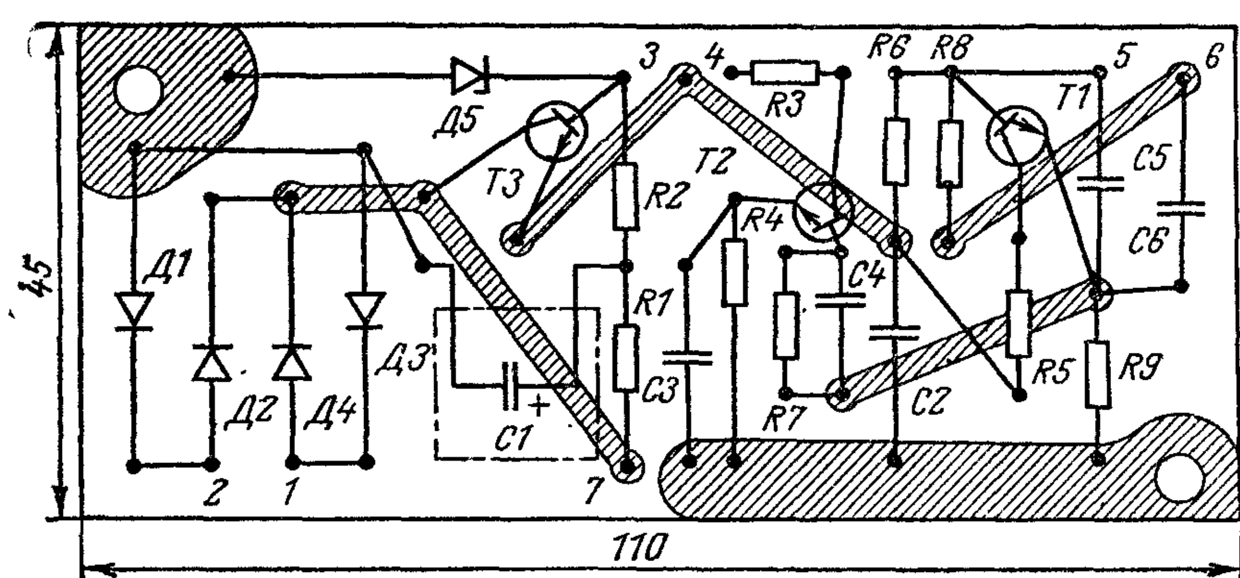


Рис. 4.6

Генератор плавного диапазона развивает выходное напряжение до 1—1,5 В на нагрузке 75 Ом, что вполне достаточно даже для работы двух балансных смесителей на диодах, имеющих, как известно, низкое входное сопротивление. Поскольку выходное сопротивление ГПД около 75 Ом, то его можно также использовать в качестве отдельного выносного гетеродина для трансивера, обеспечивающего (при соответствующей коммутации) независимые частоты приема и передачи.

Конструкция. Катушка *L11* такая же, как и в предыдущем ГПД. Остальные катушки ГПД намотаны на пластмассовых каркасах диаметром 9 мм с подстроечником СЦР-1. Намотка рядовая, виток к витку, проводом ПЭШО 0,44. Катушки связи *L1, L3, L5, L7* и *L9* намотаны соответственно поверх катушек *L2, L4, L6, L8* и *L10* ближе к их «холодным», соединенным с конденсатором *C12*, концам. Катушка *L1* имеет 2 витка; *L3* — 3 витка; *L2, L5, L7* и *L9* — 4 витка; *L6* и *L10* — 7 витков; *L4* — 8 витков, *L8* — 10 витков.

Большая часть деталей ГПД установлена на плате из стеклотекстолита (рис. 4.6). Монтаж — навесной, на стойках. Заштрихованные участки — проводники, выполненные из латунной фольги. Конструкция ГПД должна обеспечивать хорошую развязку между контуром задающего генератора и контурами удвоителя-усилителя.

При налаживании ГПД после предварительной установки границ диапазонов производят термокомпенсацию задающего генератора. Эту операцию начинают с диапазона 10 м подбором по ТКЕ конденсатора *C14*. Затем подбирают на других диапазонах по ТКЕ конденсаторы *C17, C19, C21* и *C23*. При тщательном подборе указанных конденсаторов уход частоты ГПД за час работы не превышает 50 Гц в диапазонах 20 и 80 м и 100 Гц в остальных диапазонах. Эти данные относятся к ГПД, размещенному в отдельном корпусе, т. е. в отсутствие мощного источника тепла в виде лампы оконечного каскада. Такие параметры можно реализовать и в транзисторном приемнике, но в лампово-полупроводниковом трансивере достичь их достаточно трудно.

Как следует из принципиальной схемы ГПД (рис. 4.5), генератор питается от отдельного выпрямителя со стабилизатором напряжения на транзисторе *T3*. Подобное схемное решение позволяет свести к минимуму взаимодействие ГПД с другими каскадами трансивера. От этого же выпрямителя целесообразно питать и все остальные гетеродины трансивера.

Подобный ГПД с умножением частоты применили в своем трансивере КРС-78 В. Кобзев, Г. Рощин и С. Севастьянов. По структурной схеме (задающий генератор, усилитель на диапазонах 80 и 20 м или удвоитель на остальных диапазонах) он совпадает с ГПД, описанным Я. Лаповком. Из-за другого значения промежуточной частоты (5280 кГц) ГПД трансивера КРС-78 имеет, естественно, другие выходные частоты. Но главное его отличие — более сложный задающий генератор, обеспечивающий стабильность частоты примерно 100 Гц в час после 15-минутного прогрева трансивера.

Принципиальная схема задающего генератора от ГПД трансивера КРС-78 приведена на рис. 4.7. Собственно генератор выполнен на транзисторе *T1*. Выбор рабочего диапазона осуществляется переключателем *B*, который подключает к основному колебательному контуру *L1C11* конденсаторы *C1—C10*. Рабочие частоты генератора: 8780—9080 кГц (в диапазоне 80 м); 6140—6240 кГц (40 м); 8720—9070 кГц (20 м); 7860—8085 кГц (15 м); 11 360—12 210 кГц (10 м). На транзисторе *T2* собран буферный усилитель, а на *T3* — эмиттерный повторитель. Применение в буферном усилителе полевого транзистора позволило практически полностью исключить влияние последующих каскадов на частоту задающего генератора. Выходное напряжение составляет примерно 1,5 В (оно поступает на удвоитель-усилитель, схема которого здесь не приведена).

Варикап *Д1* дает возможность при необходимости

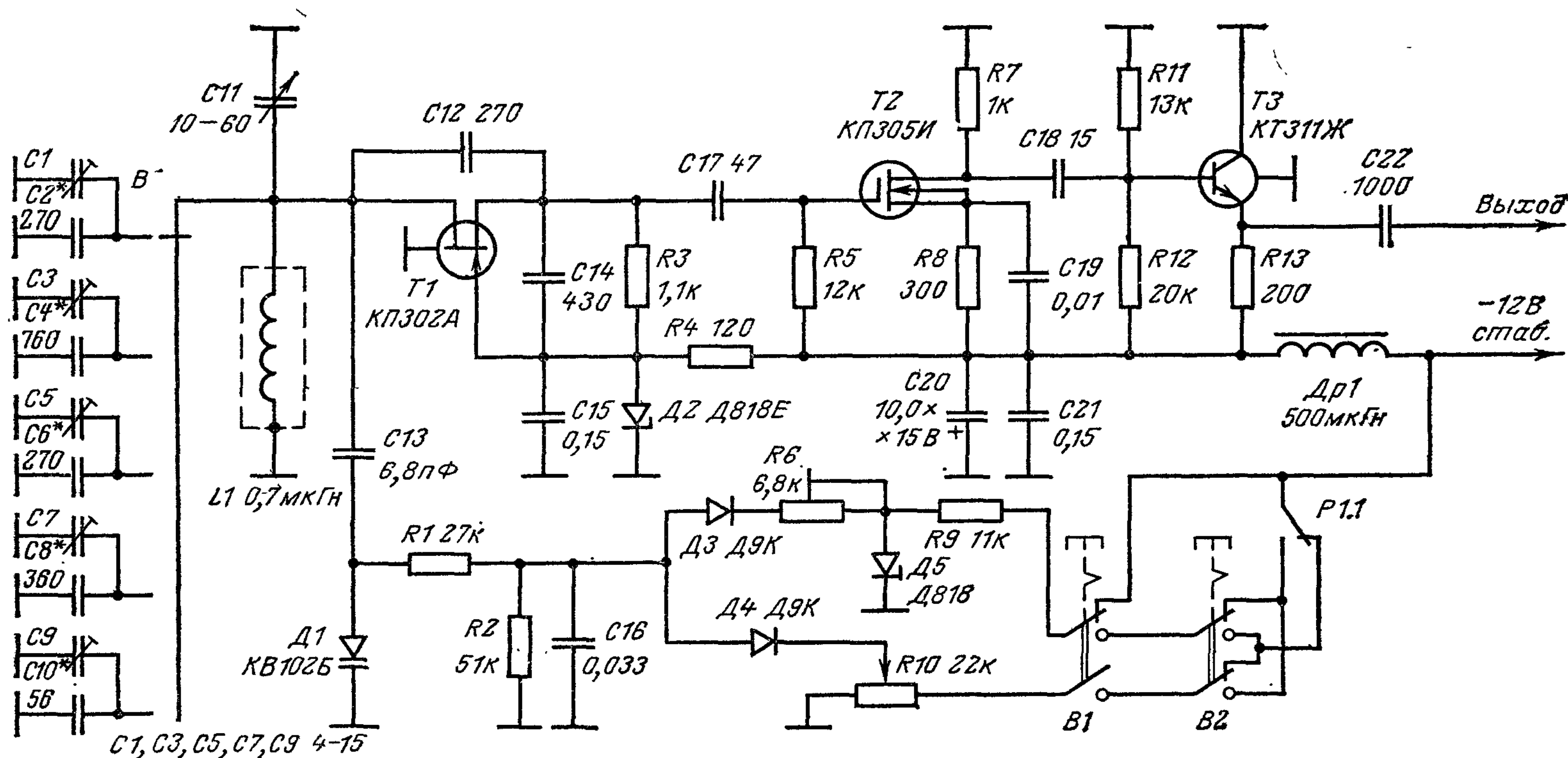


Рис. 4.7

расстраивать переменным резистором *R10* приемный тракт трансивера относительно передающего. Включается расстройка переключателем *B1*, а переключатель *B2* — совместно с реле *P1* (Прием-Передача, на схеме показаны только его контакты *P1.1*) определяет, какую частоту (по отношению к основной настройке) будет изменять резистор *R10* — частоту приема или передачи. При выключенной расстройке на варикап *Д1* через делитель, образованный резисторами *R6* и *R2*, поступает стабилизированное стабилитроном *Д5* напряжение. Когда расстройка включена, то напряжение на варикап поступает либо с этого стабилитрона, либо с переменного резистора *R10*. Диоды *Д3* и *Д4* развязывают две цепи питания варикапа. Частоты приема и передачи при включенной расстройке и среднем положении движка переменного резистора *R10* совмещают подстроечным резистором *R6*.

В целом задающий генератор (так же как и другие гетеродины трансивера КРС-78) питается от стабилизированного источника питания — 12 В. Однако напряжение питания собственно генератора и напряжение на варикапе (при выключенной расстройке) дополнительно стабилизировано соответственно стабилитронами *Д2* и *Д5*. Следует отметить, что здесь применены стабилитроны Д818Е, имеющие низкий температурный коэффициент стабилизированного напряжения. Это особенно важно для цепей питания варикапа, поскольку нестабильность питающего напряжения может внести заметный вклад в температурный дрейф частоты задающего генератора. При отсутствии подобных стабилитронов можно использовать и обычные (Д808, Д814А), включив последовательно с ними термокомпенсирующий кремниевый диод (любой маломощный, рассчитанный на прямой ток 20—30 мА).

Конструкция. Катушка *L1* имеет индуктивность 0,7 мкГ. Она выполнена на керамическом каркасе диаметром 13 и длиной 20 мм. Катушка содержит восемь витков посеребренного медного провода диаметром 0,25 мм. Шаг намотки — 0,6 мм.

Рассмотренные выше варианты генераторов плавного диапазона ориентированы на первую промежуточную частоту, лежащую вблизи частот 5—5,5 МГц. Для популярной у радиолюбителей промежуточной частоты 9 МГц выбор частот задающего генератора естественно будет иным. Один из возможных вариантов приведен ниже. Хотя он несколько сложнее предыдущих (используется не только удвоение, но и утроение частоты), здесь в принципе можно получить более высокие параметры ГПД, поскольку частота задающего генератора при переходе с диапазона на диапазон изменяется незначительно (от 5 до 6,9 МГц). Вот данные для частот такого ГПД: диапазон 3,5 МГц—6,76—6,325 МГц (удвоение), диапазон 7 МГц — 5,333—5,367 МГц (утроение), диапазон 14 МГц—5,0—5,35 МГц (усиление), диапазон 21 МГц — 6,0—6,225 МГц (удвоение), диапазон 28 МГц — 6,333—6,9 МГц (утроение).

При конструировании ГПД особое внимание следует обращать на частотозадающие элементы. Если катушка индуктивности задающего генератора будет изготовляться самим радиолюбителем, то лучше всего использовать варианты схем, где вообще не требуется подстроечник. Неплохие (с точки зрения стабильности ГПД) результаты получаются при использовании латунного подстроечника или даже подстроечника из карбонильного железа. Не рекомендуется применять в основном контуре ГПД ферритовые подстроечники — они имеют невысокую температурную стабильность магнитной проницаемости.

Катушку основного контура задающего генератора лучше всего намотать на фарфоровом и тефлоновом каркасе. Особенно удобен в любительской практике тефлон: он имеет отличные электрические характеристики и легко обрабатывается механически. Однако не следует забывать, что тефлон обладает заметной «плывучестью», поэтому толщина стенок каркаса катушки должна быть не менее 4—5 мм.

В отсутствие высококачественного конденсатора переменной емкости (на фарфоре с толстыми пластинами, обязательно с двумя подшипниками) в ГПД можно применить обычные КПЕ от радиовещательной аппаратуры. Предпочтение здесь следует отдавать конденсаторам старых выпусков (от ламповых приемников): они имеют более толстые пластины и в целом лучшую механическую стабильность.

Подстроечные конденсаторы на керамике имеют плохую температурную, да и механическую стабильность, поэтому в ГПД желательно использовать только конденсаторы с воздушным диэлектриком. Если у радиолюбителя их нет, то лучше вообще отказаться от подстроечных конденсаторов. Правда, установка границ диапазонов и температурная компенсация ГПД потребует большего времени и настойчивости, но при таком варианте исполнения можно достичь лучших параметров ГПД.

В целом ГПД необходимо размещать подальше от выделяющих тепло узлов трансивера (оконечный каскад, блок питания), ограничивая передачу тепла к ГПД как из-за конвекции воздуха внутри корпуса трансивера, так и из-за теплопроводности шасси. Хорошие результаты можно получить, разместив ГПД в отдельной экранированной коробке, которая устанавливается на шасси трансивера на теплоизолирующих стойках (например, из тефлона). Для уменьшения разогрева ГПД потоками теплого воздуха коробку хорошо обклеить снаружи толстым (до 10 мм) слоем теплоизолирующего материала, например пенопласта.

Меры, принятые радиолюбителем по обеспечению высокой стабильности ГПД, в передатчике или трансивере могут быть сведены на нет из-за возможного влияния последующих каскадов на работу задающего генератора. Это влияние приводит к появлению в режиме передачи паразитной частотной модуляции сигнала ГПД либо при нажатии на ключ (телеграф), либо на пиках модулирующего напряжения (SSB). Подобное явление наиболее часто встречается в трансиверах, поскольку в них отсутствует объективный контроль излучаемого сигнала, а оценки его качества в эфире, как известно, бывают весьма завышенными.

Паразитная частотная модуляция возникает в основном по двум причинам: из-за изменения напряжений источника питания вследствие резкого возрастания потребляемой мощности при модуляции или манипуляции трансивера или из-за прямого (не через источник питания) воздействия последующих каскадов на задающий генератор через внутренние обратные связи.

Если частотная модуляция вызвана первой причиной, то устранить ее можно, как уже отмечалось выше, питанием всех гетеродинов от отдельного выпрямителя, а также тщательной регулировкой стабилизатора в динамическом режиме. Для осуществления последней операции трансивер включают на передачу и, посылая серию точек или тире (конечно, не в эфир — трансивер должен быть нагружен на эквивалент антенны), наблюдают с помощью низкочастотного осциллографа переменную составляющую выходного напряжения. Изменения выходного напряжения стабилизатора, вызванные манипуляцией передатчика, должны быть одного порядка со значениями других переменных составляющих (фон, пульсации с частотой 100 Гц).

Прямое воздействие последующих каскадов на задающий генератор устраняется тщательной экранировкой ГПД по каскадам и в целом, введением развязок по высокой частоте для всех проводов, поступающих в ГПД (за исключением, естественно, ВЧ выхода). Однако пытаться минимизировать внутренние связи следует еще при разработке схемы ГПД. В буферных каскадах лучше применять полевые транзисторы, обеспечивающие хорошую развязку между выходными и вход-

ными цепями, а если в ГПД используются биполярные транзисторы, то предпочтение следует отдать самым высокочастотным из числа имеющихся у радиолюбителя.

В любом случае после настройки необходима объективная проверка качества излучаемого трансивером сигнала с помощью отдельного контрольного приемника.

Хотя выше речь шла о высокочастотных коммутируемых ГПД, все сказанное относится и к любому гетеродину трансивера.

СИНТЕЗАТОР СЕТКИ ЧАСТОТ

Системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) находят все большее применение в любительских конструкциях, в частности в синтезаторах частоты. Объясняется это в первую очередь тем, что ФАПЧ позволяет точно синхронизовать частоту автогенератора каким-*либо образцовым сигналом, частота которого близка* к частоте автогенератора или к кратному ей значению. При этом в спектре синхронизируемого автогенератора не будет содержаться составляющих, которые есть в спектре синхронизирующего сигнала. Характерной особенностью системы ФАПЧ является то, что в стационарном режиме имеется некоторая остаточная разность фаз, в то время как частоты образцового и синхронизируемого генераторов совпадают.

Структурная схема простейшей системы ФАПЧ показана на рис. 4.8. Здесь *G1* и *G2* — соответственно образцовый и синхронизируемый генераторы, *U1* — фазовый детектор, *Z1* — фильтр нижних частот (ФНЧ), *E1* — элемент, управляющий частотой и фазой синхронизируемого генератора.

Предположим, что после включения питания частоты генераторов *G1* и *G2* несколько отличаются. Тогда разность фаз двух сигналов будет непрерывно возрастать, а на выходе фазового детектора появится периодически изменяющееся напряжение, частота которого равна разности частот двух генераторов. Пройдя через ФНЧ, это напряжение воздействует на управляющий элемент *E1* и тем самым на частоту синхронизируемого генератора. Вследствие этого форма выходного сигнала фазового детектора искажается и в нем появляется постоянная составляющая. Воздействуя на элемент *E1*, она уменьшает среднюю разность частот образцового и синхронизируемого генератора. Это в свою очередь вызывает еще большее искажение сигнала на выходе фазового детектора и дальнейшее уменьшение расстройки генераторов. Конечный результат этого воздействия — стационарный режим синхронизации частоты генератора *G2* или, как его часто называют, режим удержания. Действительно, если теперь частота синхронизируемого сигнала изменится по какой-либо причине, то на выходе фазового детектора появится управляющее напряжение, которое устранит эту расстройку.

С переходом системы ФАПЧ из режима биений в режим синхронизации связаны понятия полосы удержания и полосы захвата. Полоса удержания — это максимальная расстройка генераторов, при которой еще возможен режим синхронизации. Полоса захвата — максимальная расстройка, при которой в любых начальных условиях устанавливается режим синхронизации. В общем случае эти полосы неодинаковы: все зависит от характеристик ФНЧ, включенного между фазовым детектором управляющим элементом.

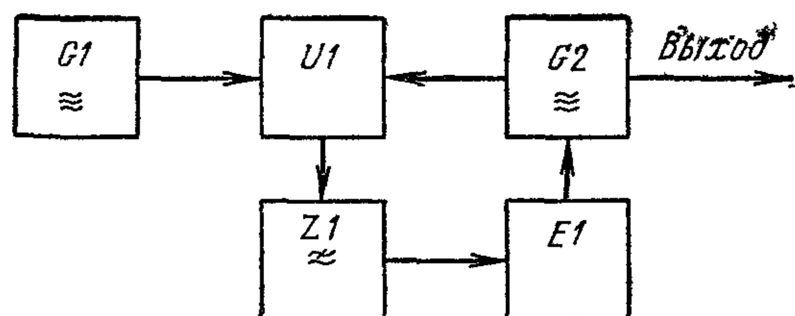


Рис. 4.8

С практической точки зрения весьма интересной является *система ФАПЧ с импульсным фазовым* детектором, которую можно использовать в качестве умножителя или делителя частоты, в частности, в гетеродинах КВ трансиверов. Так, используя в качестве источника образцового ВЧ сигнала опорный гетеродин на 500 кГц блока формирования SSB, на основе системы ФАПЧ можно создать высокостабильный первый гетеродин без кварцевого резонатора, который бы генерировал сетку частот, кратную 500 кГц или 1 МГц. В таком гетеродине задающий генератор синхронизируется на гармониках опорного сигнала, поэтому между образцовыми генератором и импульсным фазовым детектором включают дополнительный каскад, формирующий из опорного (обычно синусоидального) сигнала короткие импульсы, богатые гармониками высоких порядков. Длительность этих импульсов должна быть меньше половины периода синхронизуемого генератора. Во избежание захвата на соседние гармоники полосу удержания при конструировании системы ФАПЧ (с учетом нестабильности синхронизируемого гетеродина) следует выбирать меньше частоты образцового генератора. Что же касается полосы захвата, то она должна быть больше абсолютного значения расстройки синхронизируемого генератора, обусловленной его нестабильностью. Два последних требования ограничивают в обычных любительских конструкциях максимальное значение коэффициента умножения частоты уровнем 20—30, а при очень тщательном выполнении синхронизируемого гетеродина — уровнем 40—60.

Принципиальная схема синтезатора сетки частот, предназначенного для использования в первом гетеродине современной спортивной аппаратуры, показана на рис. 4.9. Разработал ее москвич Ю. Щербак. Синтезатор формирует сетку частот в интервале 5—31 МГц с шагом в 1 МГц. При первой промежуточной частоте 1—2 МГц подобный синтезатор обеспечит прием в полосе частот от 3 до 30 МГц.

С образцового генератора (на рис. 4.9 не показан) синусоидальный сигнал частотой 1 МГц поступает на формирователь импульсов. Он выполнен на транзисторе *T1* и туннельном диоде *Д1*. Относительно плавные изменения тока через транзистор приводят к резким скачкам напряжения на туннельном диоде. Отрицательные перепады этих импульсов дифференцируются цепочкой *C4R6*. На транзисторе *T2* собран широкополосный усилитель. С его выхода короткие импульсы с частотой повторения 1 МГц поступают на импульсный фазовый детектор на диодах *Д3* — *Д6*. Во время действия импульса диоды *Д3—Д6* открываются, и конденсатор *C8* на короткое время оказывается соединенным с выходом синхронизируемого генератора, сигнал с которого на фазовый детектор поступает через эмиттерный повторитель на транзисторе *T3*.

По отношению к некоторому первоначальному значению, задаваемому делителем на резисторах *R10* и *R11* (предварительное смещение на варикап *Д7*), напряжение на конденсаторе изменяется на значение напряжения, поступающего в данный момент с синхронизируемого генератора. Постоянную времени цепочки *R9C6* выбирают такой, чтобы в паузах между открывающими импульсами диоды *Д3—Д6* были закрыты. Диод *Д2* шунтирует обмотку трансформатора *Tp1* при появлении импульсов обратной (отрицательной) полярности, устраняя тем самым их влияние на работу фазового детектора.

Емкость конденсатора *C8* выбирают по допустимым пульсациям на выходе детектора. Поскольку в данном случае нагрузкой фазового детектора является весьма

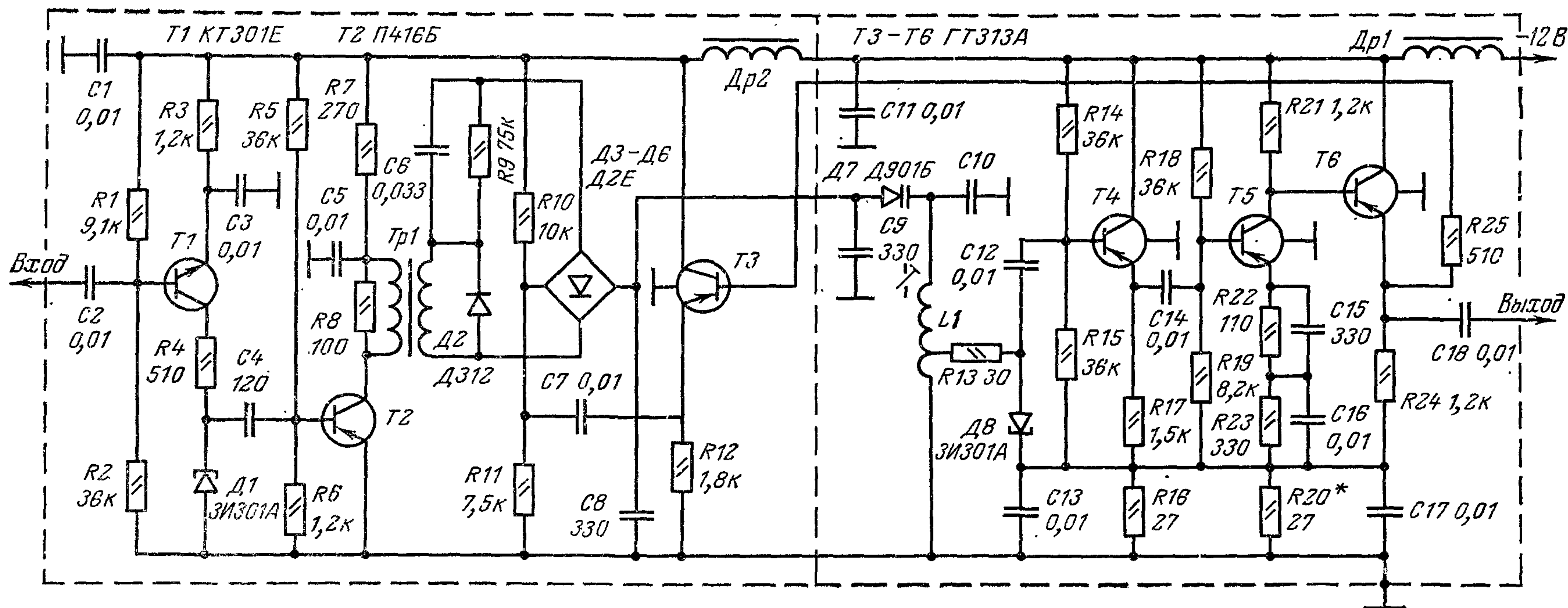


Рис. 4.9

высокоомный прибор — варикап, то конденсатор небольшой емкости уже обеспечивает необходимую фильтрацию управляющего напряжения.

Синхронизируемый генератор выполнен на туннельном диоде *Д8*. Для достижения высокой чистоты спектра и стабильности выходного сигнала синтезатора важно, чтобы амплитуда ВЧ напряжения на колебательном контуре задающего генератора и, в частности на варикапе, была как можно меньше. Именно поэтому в задающем генераторе синтезатора и был применен туннельный диод.

Высокочастотное напряжение, развиваемое синхронизируемым генератором, усиливается трехкаскадным широкополосным усилителем на транзисторах *Т4 — Т6*. Два каскада (на транзисторах *Т4* и *Т6*) — эмиттерные повторители. Это практически полностью исключает влияние нагрузки на частоту подстраиваемого генератора. Падение напряжения на резисторах *R16* и *R20* (из-за протекания токов всех трех каскадов широкополосного усилителя) используется для создания смещения на туннельном диоде *Д8*.

Изменение коэффициента умножения достигается соответствующим выбором параметров колебательного контура *L1C10*. Когда разность частот между одной из гармоник образцового напряжения и собственно частотой задающего генератора окажется меньше полосы захвата системы ФАПЧ, то произойдет синхронизация частоты задающего генератора.

Частотой синтезатора удобно управлять двумя переключателями. Одним из них устанавливают десятки мегагерц принимаемого сигнала *(0, 10 МГц, 20 МГц)*, а другим — единицы мегагерц *(0, 1 МГц, 2 МГц — 9 МГц)*. Первым переключателем (на три положения и два направления) выбирается одна из трех катушек индуктивности. Второй переключатель (на десять положений и три направления) подключает параллельно каждой катушке по конденсатору.

При повторении синтезатора частоты следует особое внимание обращать на экранировку всех его блоков при одновременной самой тщательной их развязки по цепям питания. Наличие коротких импульсов с частотой повторения 1 МГц может привести к появлению при приеме сигналов пораженных точек, кратных 1 МГц. Если их уровень не будет превышать S5 — S6, то с этим можно вполне смириться, поскольку они будут соответствовать начальным частотам любительских диапазонов и, следовательно, не помешают ведению связей.

ПРЕДОКОНЕЧНЫЕ КАСКАДЫ ТРАНСИВЕРА

В последнее время предоконечные каскады усиления мощности в трансиверах выполняют на транзисторах.

Принципиальная схема одного из таких предусилителей на КВ диапазоны 3,5—28 МГц приведена на рис. 4.10. Она обеспечивает раскачку лампы ГУ-19 до подводимой мощности 40 Вт при напряжении на аноде +600 В и на экранирующей сетке +200 В. Предложил эту схему Я. Лаповок. Предусилитель выполнен на транзисторе *Т1*, который работает в режиме класса А, обеспечивая усиление как CW-, так и SSB-сигнала. Возбуждающее напряжение на транзистор подается с широкополосного усилителя, собранного на транзисторе КП350Б (на схеме не показан). Нагрузкой транзистора служат широкополосные контуры *L1* (резонирует вместе с емкостью коллекторного перехода транзистора *Т1*), *L2C6R6, L3C7R7, L4C8R8, L5C9R9*. Через разделительный конденсатор *С3* ВЧ напряжение подается на сетку лампы *Л1*. Когда разомкнуты контакты педали управления — переключателя *В1* (положение *Прием*), то на сетку ГУ-19 поступает напряжение смещения —50 В, надежно закрывающее лампу. При работе на передачу замыкаются контакты переключателя *В1*, реле *Р1* срабатывает и подает питание на каскады передающего тракта. В этом случае напряжение на сетке лампы *Л1* будет уже определяться падением напряжения на обмотке реле *Р1*, поэтому здесь следует использовать реле с напряжением срабатывания около 24 В (тогда оконечный каскад будет работать в режиме класса В). Подбором резисторов *R4* и *R5* устанавливают ток покоя лампы 50 мА, контролируя надежное срабатывание реле *Р1*.

Конструкция. Катушки индуктивности *L1 — L5* выполнены на каркасах диаметром 9 мм, имеющих подстроечный сердечник СЦР-1. Намотка рядовая, проводом ПЭШО 0,44 (*L1* и *L2*) или ПЭШО 0,31 (остальные). Катушки *L1 — L5* содержат соответственно 10, 12, 14, 17 и 30 витков. Длина намотки у *L1* и *L3* — 6 мм, у *L2* и *L4* — 7 мм, а у *L5* — 12 мм.

Напряжение возбуждения для нормальной работы предоконечного каскада составляет 0,8—1 В. При этом усилитель обеспечивает раскачку лампы ГУ-19 до тока не менее 120 мА в диапазоне 10 м (П-контур оконечного каскада расстроен) и 150 мА на всех остальных диапазонах.

Иногда для упрощения коммутации в передающей аппаратуре целесообразно использовать широкополосный предоконечный усилитель.

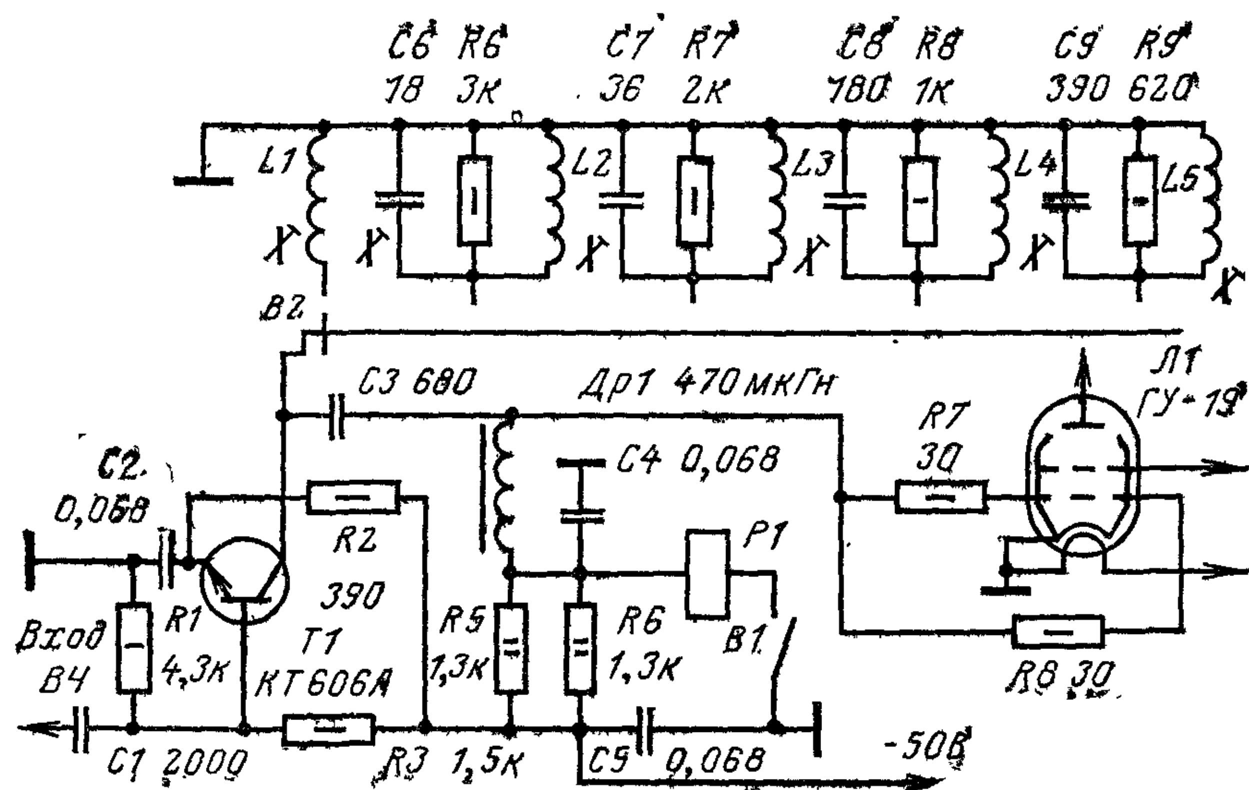


Рис. 4.10

Принципиальная схема широкополосного усилителя, предложенного А. Венгером и В. Ященко, приведена на рис. 4.11. Он имеет коэффициент усиления по мощности до 16 дБ в диапазоне частот от 3 до 35 МГц при неравномерности не более 2,5 дБ (сопротивление нагрузки 75 Ом).

Усилитель работает в режиме класса А. Рабочий ток (80—90 мА) устанавливают подбором резисторов *R2* и *R3*. При этом напряжение в точке соединения коллектора транзистора *T1* с эмиттером транзистора *T2* должно составлять от половины до двух третей напряжения питания $U_к$. Цепочка *R4C5* осуществляет термостабилизацию режима работы транзисторов.

В аппаратуре с питанием от батарей подобный усилитель целесообразно перевести в более экономичный режим класса АВ, уменьшив его начальный рабочий ток до 20—30 мА. Коэффициент усиления по мощности при этом несколько уменьшается.

Максимальная выходная мощность усилителя, до которой сохраняется линейная зависимость между входным и выходным сигналами, зависит от напряжения источника питания и может достигать 1—1,5 Вт на нагрузке 75 Ом при $U_к$=50 В. Это соответствует ВЧ напряжению 8—10 В, что недостаточно для раскачки упоминавшегося выше оконечного каскада на лампе ГУ-19 (нужно примерно 15—20 В). Выходное напряжение можно увеличить, увеличив сопротивление нагрузки до 100—300 Ом (для работы лампового оконечного каскада это совершенно несущественно). Однако в этом случае может возникнуть необходимость в подборе индуктивности дросселя *Др1* по наименьшей неравномерности в рабочем диапазоне частот.

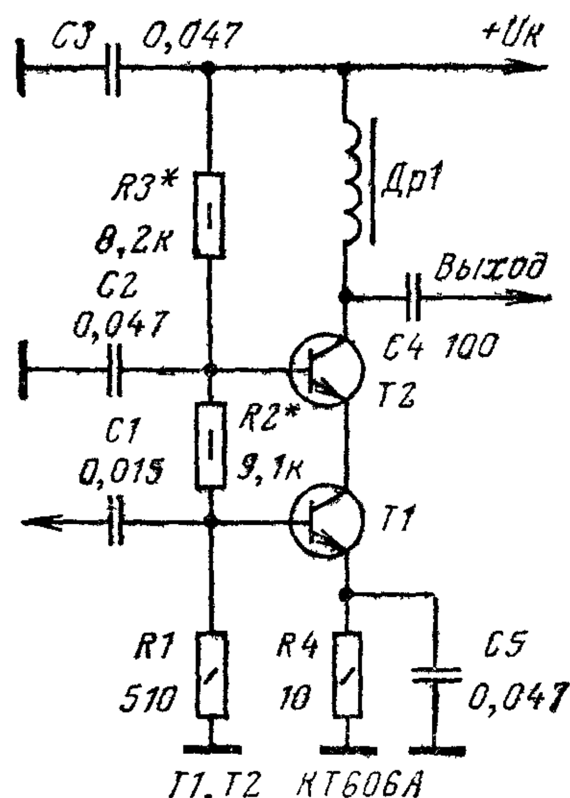


Рис. 4.11

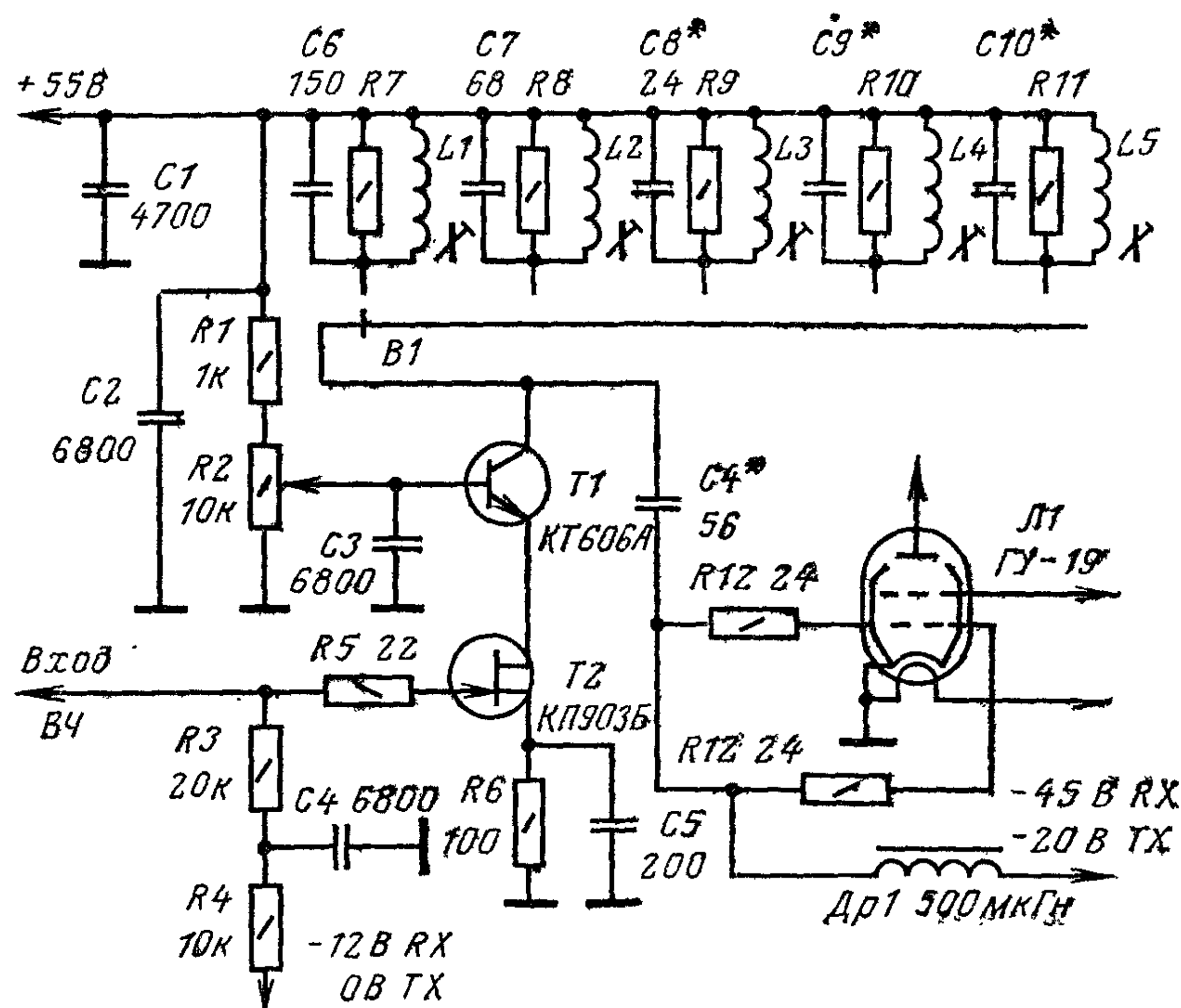


Рис. 4.12

Следует также отметить, что данный усилитель может работать на частотах до 300 МГц, но уже на частоте 250 МГц его коэффициент усиления падает до 10 дБ. В усилителе применен дроссель Д-0,12 индуктивностью 43 мкГн, но можно использовать и самодельный.

Принципиальная схема каскодного предоконечного усилителя мощности показана на рис. 4.12. Усилитель использован в трансивере КРС-78. (В. Кобзев, Г. Рощин, С. Севастьянов) и предназначен для работы на КВ диапазонах 3,5—28 МГц совместно с оконечным каскадом на лампе ГУ-19. При входном ВЧ напряжении около 1 В напряжение возбуждеиия, поступающее на управляющие сетки лампы ГУ-19, достаточно для получения выходной мощности в телеграфном режиме около 30 Вт, а в режиме SSB — примерно 25 Вт (напряжение на аноде ГУ-19 +750 В, на экранирующей сетке +250 В). Применение в усилителе полевого транзистора КП903Б позволяет получить высокий устойчивый коэффициент усиления и высокое входное сопротивление в широком диапазоне частот. Режим транзисторов по постоянному току и, следовательно, выходную мощность можно регулировать переменным резистором *R2*. При приеме на затвор полевого транзистора подается запирающее напряжение —12 В.

Катушки имеют индуктивность: *L1* — 30 мкГн, *L2* — 13 мкГн, *L3* — 2,25 мкГн, *L4* — 1,6 мкГн, *L5* — 1,0 мкГн. Дроссель *Др1* может быть любого типа с индуктивностью 500 мкГн.

При налаживании предварительного усилителя надо установить резистором *R2* исходный режим транзисторов по постоянному току в пределах 15—20 мА. При исправных транзисторах *T1* и *T2* напряжение на стоке транзистора *T2* должно быть от 10 до 15 В. Конденсаторы *C9* и *C10* устанавливают при необходимости, а резисторы, шунтирующие контура в коллекторной цепи транзистора *T1* (*R7* — *R11*), подбирают, добиваясь требуемой неравномерности возбуждающего напряжения по диапазону.

ПЕРЕДАТЧИК НАЧИНАЮЩЕГО КОРОТКОВОЛНОВИКА

Передатчик начинающего коротковолновика, разработанный москвичом В. Поляковым (RA3AAE), стал весьма популярным у радиолюбителей. Совместно с

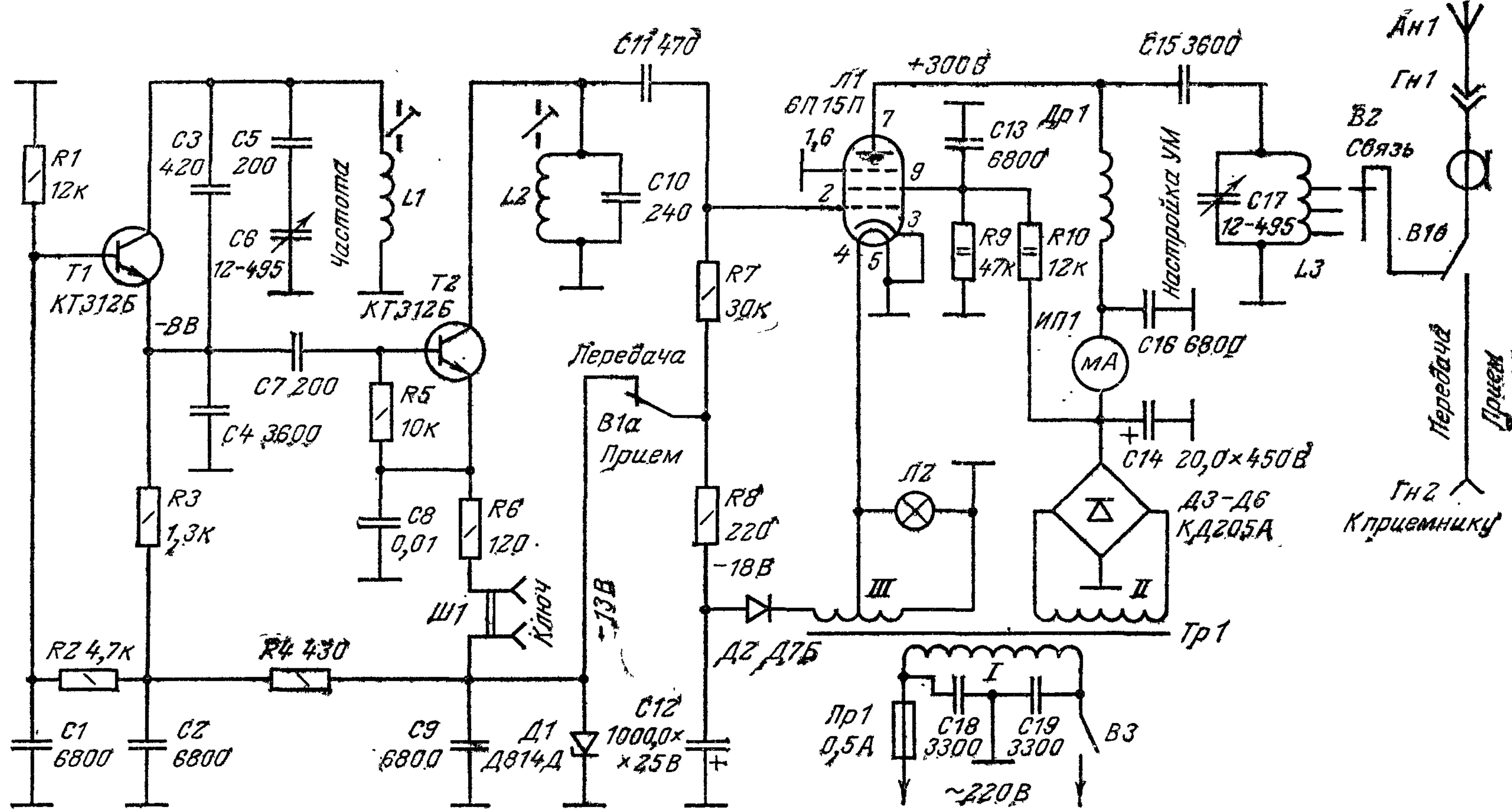


Рис. 4.13

простым приемником коротковолновика — наблюдателя, сконструированным также В. Поляковым (см. «Радио», 1976 г., № 2), он может стать основой несложной радиостанции, доступной для изготовления радиолюбителями, делающими первые шаги в радиолюбительский эфир.

Передатчик, рассчитанный на работу телеграфом в любительских диапазонах 3,5—3,65 МГц (80 м) и 7,0—7,1 МГц (40 м), отвечает требованиям, предъявляемым к любительским радиостанциям III категории. Мощность, отдаваемая выходным каскадом, 10 Вт.

Принципиальная схема передатчика приведена на рис. 4.13. Он трехкаскадный: задающий генератор, удвоитель частоты, усилитель мощности. В первых двух каскадах работают транзисторы, в третьем — радиолампа. Такое сочетание электронных приборов позволило конструктору создать простой в изготовлении и налаживании любительский передатчик.

Питание передатчика осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В через трансформатор питания *Тр1*. Постоянное напряжение на транзисторы и смещение на управляющую сетку лампы *Л1* подаются с однополупериодного выпрямителя на диоде *Д2*. Во время передачи они дополнительно стабилизируются кремниевым стабилитроном *Д1*. Переменное напряжение на нить накала лампы *Л1* и индикаторную лампу *Л2*, освещающую шкалу, подается с части обмотки *III*, а высокое постоянное напряжение на анод и экранирующую сетку — от двухполупериодного выпрямителя на диодах *Д3 — Д6*, включенных по мостовой схеме.

Задающий генератор на транзисторе *Т1* служит для получения незатухающих колебаний ВЧ. Его колебательный контур образуют катушка индуктивности *L1* и конденсаторы *С3 — С6*. Настройка контура на нужную частоту осуществляется конденсатором переменной емкости *С6*. Включенный последовательно с ним конденсатор *С5*, емкость которого более чем в два раза меньше наибольшей емкости конденсатора *С6*, ограничивает диапазон перестройки задающего генератора, что упрощает установку требуемой частоты. При таком способе «растяжки» диапазона плавность настройки на рабочую частоту в участках, предназначенных исключительно для работы CW (телеграфом), будет лучше, чем в участках частот, где допускаются смешанные виды излучения. Для начинающих радиолюбителей это очень удобно, так как работают они в основном с CW станциями.

Для повышения стабильности частоты задающий генератор работает в участке 1,75—1,825 МГц. Напряжение положительной обратной связи, необходимое для поддержания незатухающих колебаний, подается в эмиттерную цепь транзистора с емкостного делителя, образованного конденсаторами контура *С3* и *С4*. Режим транзистора по постоянному току стабилизирован делителем напряжения *R1, R2* в цепи базы и резистором *R3* в цепи эмиттера транзистора. Резистор *R4* и конденсатор *С2* — развязывающий фильтр в цепи питания генератора.

Колебания ВЧ, возбужденные задающим генератором, через разделительный конденсатор *С7* поступают на базу транзистора *Т2* каскада удвоения частоты. Начальное напряжение смещения на базу этого транзистора не подается, поэтому он открывается только при положительных полупериодах возбуждающего напряжения. В результате ток в коллекторной цепи транзистора течет короткими импульсами, что в режиме удвоения частоты обеспечивает транзистору высокий КПД. При коллекторном токе, равном нескольким миллиампер, транзистор развивает мощность, достаточную для «раскачки» мощной лампы выходного каскада передатчика.

Колебательный контур этого каскада, настроенный на частоту 3,57 МГц (среднюю частоту диапазона 80 м), образуют катушка индуктивности *L2* и конденсатор *С10*. Колебания в нем поддерживаются импульсами коллекторного тока транзистора. Поскольку частота следования импульсов вдвое меньше частоты собственных колебаний контура, пополнение энергии колебаний осуществляется через один период, а второй период колебаний происходит как бы «по инерции» за счет энергии, запасенной контуром.

Напряжение питания на транзистор этого каскада подается при нажатом телеграфном ключе, включенном в разъем *Ш1*. Развязывающая ячейка *R6C8* препятству-

ет проникновению высокочастотного сигнала в общую цепь питания. Когда телеграфный ключ отжат, транзистор *Т2* закрыт и колебания в контуре *L2C10* не выделяются, хотя задающий генератор и продолжает работать. При переходе на прием цепь питания транзисторных каскадов разрывается секцией *В1а* переключателя *Прием-Передача.*

В выходном каскаде на лампе *Л1* работает телевизионный пентод 6П15П. В диапазоне 80 м каскад является усилителем мощности, а в диапазоне 40 м выполняет еще и роль второго удвоителя частоты передатчика. При анодном напряжении 300 В лампа 6П15П позволяет получить мощность 10 Вт, разрешенную для радиостанций III категории.

Высокочастотное напряжение на управляющую сетку лампы подается с контура *L2C10* удвоителя частоты через разделительный конденсатор *С11.* Одновременно на нее через резисторы *R8* и *R7* поступает стабилизированное напряжение смещения, обеспечивающее лампе оптимальный режим работы. Положительное напряжение на экранирующую сетку лампы (около 200 В) поступает от выпрямителя через делитель *R10, R9.* Через этот же делитель разряжается конденсатор *С14* фильтра выпрямителя при выключении передатчика. Дроссель *Др1,* через который подается питание на анод лампы, пропускает только постоянную составляющую анодного тока, а переменная составляющая, появляющаяся во время передачи сигналов телеграфной азбуки, поступает через разделительный конденсатор *С15* в выходной контур *L3C17* передатчика.

Катушка выходного контура имеет несколько отводов, к одному из которых, в зависимости от положения подвижного контакта переключателя *В2* (*Связь*), через секцию *В1б* переключателя *В1* подключают антенну *Ан1.* Переключателем *В2* на установленной рабочей частоте подбирают наилучшую связь антенны с контуром, при которой в антенну отдается максимальная мощность высокочастотной энергии. При переходе на прием секция *В1б* переключателя *Прием-Передача* отключает антенну от выходного контура передатчика и подключает ее ко входу приемника (через гнездо *Гн2*). Антенна, таким образом, является общей как для передатчика, так и для приемника любительской радиостанции.

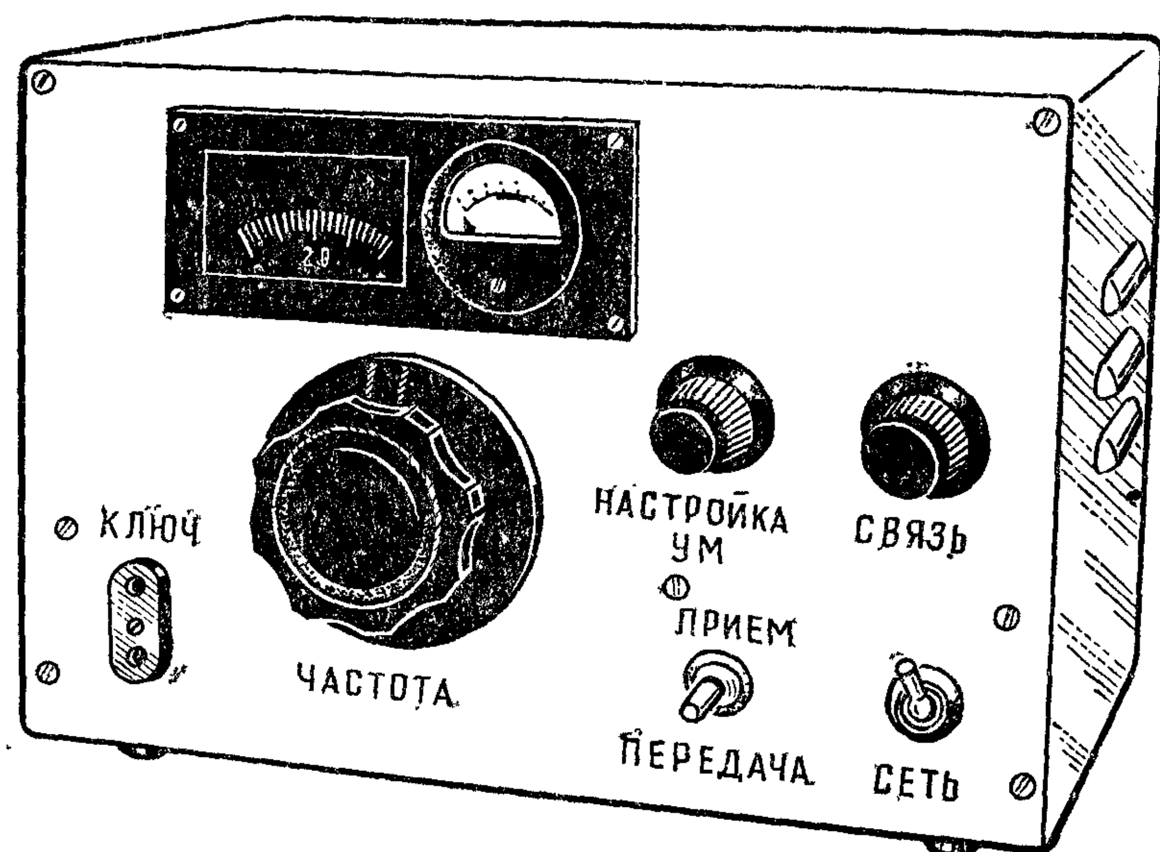
Для работы в диапазоне 80 м выходной контур передатчика настраивают конденсатором *С17* на частоты 3,5—3,65 МГц, соответствующие этому любительскому диапазону. При этом контур выделяет основную (первую) гармонику переменной составляющей анодного тока лампы.

В диапазоне 40 м контур настраивают на частоты 7,0—7,1 МГц тем же конденсатором *С17,* но при меньшей его емкости. В этом случае контур выделяет вторую гармонику переменной составляющей анодного тока лампы, а лампа работает как удвоитель частоты и усилитель мощности. Таким образом, переход с диапазона на диапазон осуществляется лишь перестройкой выходного контура передатчика без каких-либо дополнительных переключений.

Максимальная мощность, отдаваемая передатчиком в антенну, в диапазоне 40 м на 15—20% меньше мощности, отдаваемой в диапазоне 80 м. Это явление объясняется уменьшением КПД выходного каскада при работе в режиме удвоения.

В режиме *Прием,* когда цепь питания транзисторов первых двух каскадов передатчика отключается от однополупериодного выпрямителя (диод *Д2*), отрицательное напряжение смещения на управляющей сетке лампы *Л1* увеличивается до 18 В, что надежно закрывает лампу. При этом надобность выключения напряжений на аноде и экранирующей сетке лампы отпадает.

Чтобы в электроосветительную сеть, питающую передатчик, не проникали его высокочастотные помехи,



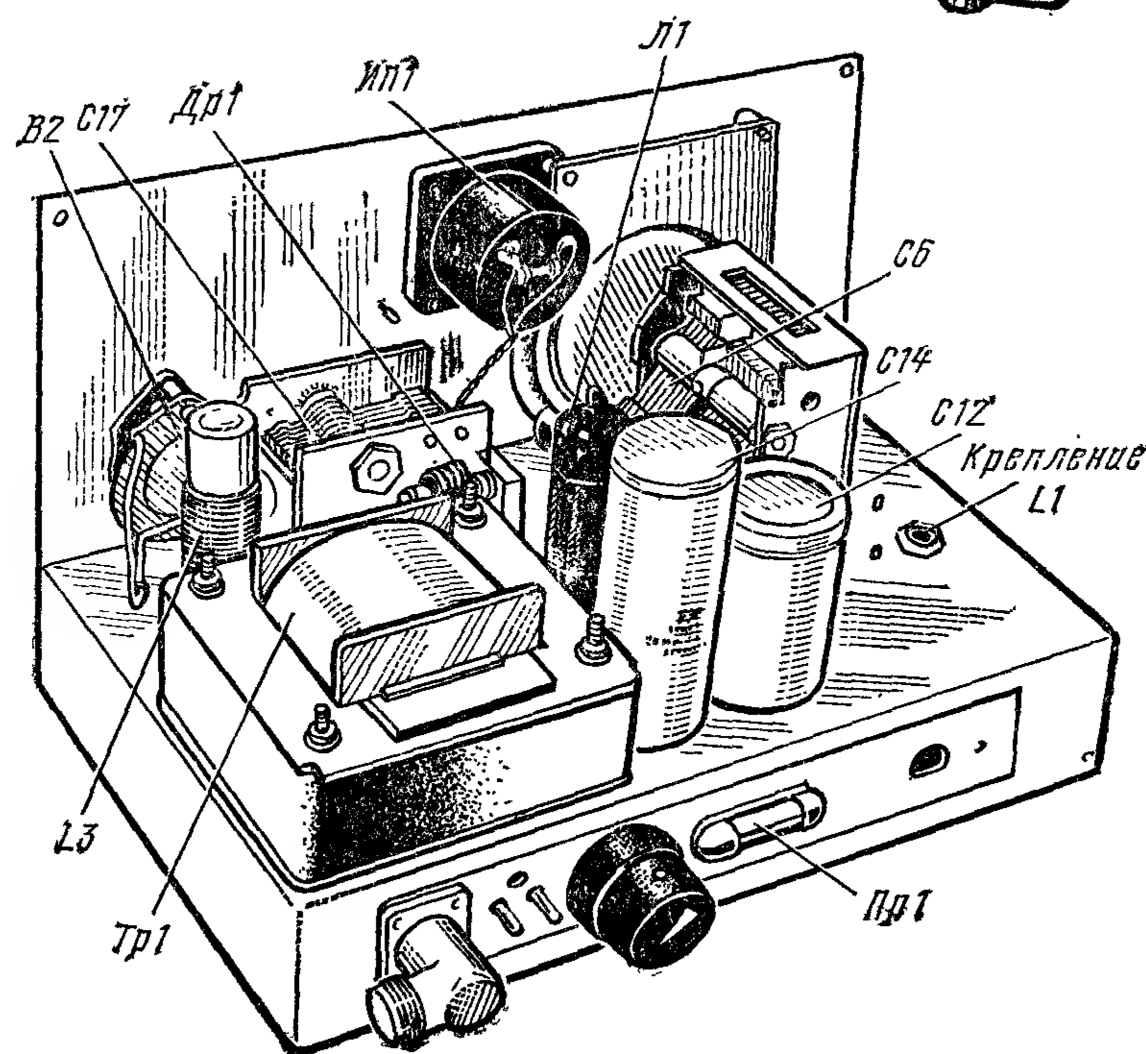


Рис. 4.14

первичная обмотка трансформатора питания зашунтирована конденсаторами *С18* и *С19.*

Конструкция передатчика показана на рис. 4.14. Его детали смонтированы на шасси размерами 270×160×50 мм, изготовленном из алюминия толщиной 2 мм. К передней стенке шасси прикреплена панель из листового дюралюминия толщиной 3 мм. Шасси вставляют в металлический кожух, в котором предусмотрены вентиляционные отверстия (или решетки) для лучшего охлаждения деталей передатчика. Детали транзисторных каскадов, диоды выпрямителей смонтированы на монтажных стойках и планках в подвале шасси. Лампа выходного каскада и детали ее анодной цепи, трансформатор питания и конденсаторы фильтров выпрямителей размещены сверху шасси, а все элементы управления и контроля за работой передатчика — на лицевой вертикальной панели конструкции.

Транзисторы *Т1* и *Т2* — КТ312 или КТ315 с любыми буквенными индексами или другие кремниевые маломощные транзисторы структуры *n-p-n* с граничной частотой не ниже 100 МГц. Стабилитрон Д814Д *(Д1)* можно заменить на Д813. Диод *Д2* — любой плоскостной диод с обратным напряжением не ниже 50 В и предельно допустимым током не менее 100 мА. Диоды *Д3 — Д6* двухполупериодного выпрямителя также любые, рассчитанные на предельно допустимый ток не менее 100 мА и обратное напряжение 350—400 В, напри-

мер, Д7Ж, Д226Б, Д210. Стрелочный индикатор *ИП1* — миллиамперметр на ток полного отклонения стрелки 100—150 мА.

Контурную катушку *L1* задающего генератора наматывают на керамическом каркасе диаметром 12 мм с подстроечным сердечником из карбонильного железа диаметром 8 и длиной 12 мм. Она должна содержать 35 витков провода ПЭВ-1 0,44, уложенных на каркас виток к витку с большим натяжением провода. На каркасе таких же размеров, изготовленном из любого изоляционного материала, и тоже с подстроечным сердечником из карбонильного железа, наматывают катушку *L2*. Она содержит 26 витков такого же провода, намотанных виток к витку.

Катушки *L1* и *L2* можно намотать и на каркасах без подстроечных сердечников. Но тогда параллельно катушкам надо подключить подстроечные конденсаторы с пределами изменения емкости от 8 до 30 пФ. Придется, возможно, увеличить и емкости конденсаторов *C5* и *C10* для получения нужной частоты настройки контуров.

Для дросселя *Др1* нужен керамический каркас диаметром 8 мм, роль которого может выполнять резистор ВС-2 сопротивлением не менее 100 кОм. Его обмотка состоит из 150 витков провода ПЭЛШО 0,15, намотанных тремя секциями по 50 витков в каждой секции. Ширина секций и расстояние между ними 2 мм. Намотка типа «универсаль» или внавал между щечками. Каркас со щечками можно выточить из органического стекла.

Катушку *L3* выходного контура выполняют на керамическом каркасе диаметром 18 мм. Она содержит 27 витков провода ПЭВ-1 0,8, намотка виток к витку. Отводы делают от 3, 5 и 7-го витков, считая от «заземленного» вывода катушки.

Конденсатор настройки *C6* — секция блока КПЕ, используемого в радиовещательных приемниках. Он оснащен простейшим верньером с замедлением 6 : 1. Конденсатор *C17* настройки выходного контура — односекционный с воздушным диэлектриком (можно использовать одну секцию блока КПЕ). Максимальная емкость конденсаторов *C6* и *C17* может быть 360—510 пФ.

Конденсаторы *C3* — *C5*, входящие в контур задающего генератора, КСО-Г — наиболее термостабильная группа слюдяных конденсаторов, или керамические конденсаторы голубого или серого цвета. Конденсаторы *C1*, *C2*, *C7* — *C11* могут быть типа КСО любой группы на номинальное напряжение 250 В. Остальные конденсаторы (кроме электролитических) — КСО или СГМ на номинальное напряжение не ниже 500 В. Электролитические конденсаторы *C12* и *C14* — К50-3А. Все резисторы, кроме *R9* и *R10*, должны быть на мощность рассеяния 0,25 Вт, резисторы *R9* и *R10* — на мощность рассеяния не менее 2 Вт.

Переключатель *B1* — тумблер ТП1-2 или МТ3, *B2* — галетный типа 3П3Н, выключатель питания *B3* — тумблер ТВ2-1 или МТ1. Для лампы выходного каскада желательно взять керамическую панельку, обладающую лучшими изоляционными свойствами на высоких частотах.

В блоке питания использован готовый трансформатор *Тр1* от лампового радиовещательного приемника II класса, имеющий повышающую обмотку на напряжение около 230 В и две накальные обмотки на напряжение по 6,3 В; накальные обмотки соединены последовательно. Для самодельного трансформатора питания нужен магнитопровод Ш30×36. Его обмотка *I* для сети напряжением 220 В должна содержать 732 витка провода ПЭВ-1 0,41, обмотка *II* — 780 витков ПЭВ-1 0,29, обмотка *III* — 46 витков провода ПЭВ-1, 1,0 с отводом от середины (левую по схеме часть обмотки *III* можно выполнить более тонким проводом).

Перед началом монтажа в подвале шасси устанавливают стойки и планки с лепестками, служащие опорными точками выводов радиодеталей. Соединительные проводники цепей с высокочастотным напряжением следует прокладывать кратчайшим путем и ни в коем случае не связывать в жгуты с другими проводами. Блокировочные и развязывающие конденсаторы (*C1*, *C2*, *C8*, *C9*, *C13*, *C16*) устанавливают в непосредственной близости от других деталей соответствующего высокочастотного узла. Их «заземленный» вывод соединяют с шасси кратчайшим путем. Конденсаторы *C18* и *C19* монтируют на задней стенке у ввода сетевого шнура.

Налаживание передатчика производят, пользуясь автометром и градуированным коротковолновым приемником. Сначала настраивают транзисторные каскады передатчика. На это время двухполупериодный выпрямитель выключают, отсоединив выводы обмотки *II* трансформатора от диодного моста. Включив питание, переключатель *B1а* устанавливают в положение *Передача* и проверяют напряжение на конденсаторе *C12* (—18 В), стабилитроне *Д1* (около —13 В) и на эмиттере транзистора *T1* (—8 В). Затем автометр, установленный в режим измерения токов, подключают к разъему *Ш1 Ключ*. Прибор должен показать ток 3—5 мА и уменьшаться до нуля при касании пинцетом коллектора транзистора *T1* или замыкании выводов катушки *L1*. Отсутствие тока укажет на то, что задающий генератор не возбуждается. Причиной этого может быть ошибка в монтаже или неисправность транзистора.

Далее, убедившись в работе задающего генератора, включают контрольный приемник, антенной которого служит небольшой отрезок провода, расположенный вблизи передатчика, и настраивают его на сигнал генератора. При настройке на волну 80 м он принимает вторую гармонику сигнала. Изменяя индуктивность катушки *L1* (подстроечным сердечником) и емкость конденсатора *C6*, устанавливают диапазон перестройки генератора в пределах 3,5—3,65 МГц. Затем на вторую гармонику сигнала настраивают контур *L2C10*. Момент резонанса определяют по уменьшению тока миллиамперметра, подключенного к разъему *Ш1*, на 1—2 мА, а также по увеличению громкости сигнала в контрольном приемнике, настроенном на частоту 3,5 МГц.

После этого восстанавливают соединение обмотки *II* трансформатора питания с выпрямителем *Д3* — *Д6*, в разъем *Ш1* включают телеграфный ключ и проверяют напряжения в цепях выходного каскада. На конденсаторе *C14* и аноде лампы напряжение должно быть около 300 В, на экранирующей сетке при нажатом ключе — в пределах 180—200 В, при отжатом — около 240 В. Анодный ток лампы, контролируемый по стрелочному индикатору *ИП1*, может достигать 40—50 мА. Вращая ручку конденсатора *C17* (при нажатом ключе), замечают момент уменьшения анодного тока лампы — он соответствует настройке выходного контура в резонанс. Простейшим индикатором колебаний ВЧ может быть неоновая лампа, например, ТН-0,2. Будучи поднесенной к баллону лампы или к деталям контура, в момент резонанса она должна светиться. При настройке частоты 80-метрового диапазона роторные пластины конденсатора *C17* оказываются введенными в зазоры статорных пластин примерно на 75%, а при настройке на частоты 40-метрового диапазона — примерно на 25%.

Выходную мощность передатчика проверяют с помощью лампы накаливания на напряжение 26 В мощностью 10 Вт, подключенной к антенному гнезду *Гн1*. Такая лампа хороша тем, что сопротивление ее накаленной нити близко к 70 Ом. При нажатом ключе переключением отводов катушки *L3* переключателем *B2* и подстройкой выходного контура в резонанс добиваются наибольшей яркости свечения лампы. По яркости свечения лампы судят и о выходной мощности передатчика. На обоих диапазонах она должна светиться почти полным накалом.

Завершающий этап налаживания — проверка каче-

ства телеграфного сигнала и температурной стабильности. Если при прослушивании телеграфного сигнала передатчика на контрольный приемник наблюдается так называемый «выбег» частоты — быстрое изменение тона сигнала в приемнике при нажатии ключа, то точнее подбирают конденсаторы *С7* и *С8*, увеличивают сопротивление резистора *R6* и в небольших пределах изменяют частоту настройки контура *L2C10*.

Температурную стабильность передатчика проверяют при замкнутых гнездах разъема *Ш1*, эквиваленте антенны (лампа накаливания или резистор сопротивлением 70 Ом на мощность рассеяния 10 Вт) и настройке приемника на нулевые биения. После прогрева передатчика (через 30—40 мин после включения питания) частота не должна изменяться более чем на 500 Гц. Если изменения больше, то по шкале приемника определяют в какую сторону «уходит» частота передатчика. Понижение частоты означает, что температурный коэффициент индуктивности (ТКИ) контура задающего генератора положителен и превосходит по абсолютному значению температурный коэффициент емкости (ТКЕ). В этом случае конденсатор *С3* необходимо заменить другим — с бо́льшим отрицательным ТКЕ. Например, если использовался серый керамический конденсатор, то его следует заменить голубым. Если частота повышается, этот конденсатор должен быть с меньшим ТКЕ.

Вообще конденсатор *С3* лучше всего составить из двух параллельно соединенных конденсаторов, один из которых типа КСО-Г или керамический с голубым или серым цветом окраски (эти конденсаторы имеют малый ТКЕ) емкостью 360—430 пФ, другой — керамический с красным цветом окраски (большой отрицательный ТКЕ) емкостью 36—110 пФ. Если при прогреве частота передатчика понижается, увеличивают емкость красного конденсатора, соответственно уменьшая емкость серого или голубого. Если частота повышается, уменьшают емкость красного конденсатора и увеличивают серого или голубого.

В заключение остановимся на подготовке передатчика к выходу в эфир. К гнезду *Гн1* подключают антенну и устанавливают переключатель *В2* в положение наилучшего согласования выходного контура с антенной. Прослушивая на приемник эфир, выбирают рабочую частоту, соответствующую менее «населенному» участку диапазона. Переключатель *В1* устанавливают в положение *Передача* и при отжатом телеграфном ключе настраивают передатчик на частоту приемника по нулевым биениям (сигнал задающего генератора хорошо слышен на рядом стоящий приемник). Затем нажимают ключ и конденсатором *С17* настраивают выходной контур в резонанс, о чем судят по уменьшению отклонения стрелки индикатора. После этого можно дать общий вызов и, переключив аппаратуру на прием, ожидать ответа принявшего его корреспондента.

Излучаемый передатчиком сигнал можно контролировать по приемнику, уменьшая его усиление до уровня, необходимого для нормального звучания головных телефонов.

«КВАДРАТ» С ПЕРЕКЛЮЧАЕМОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

В современном радиолюбительском эфире успешная работа немыслима без направленных антенн, которые не только улучшают энергетические показатели канала связи, но и позволяют существенно ослабить помехи от других станций. Как правило, направленные антенны на высокочастотных КВ диапазонах делают вращающимися. Однако сложности в изготовлении привода антенны, невысокая механическая прочность подобных узлов, изготовленных в любительских условиях (а, следовательно, их невысокая надежность), и, наконец, относительно большое время изменения положения диаграммы

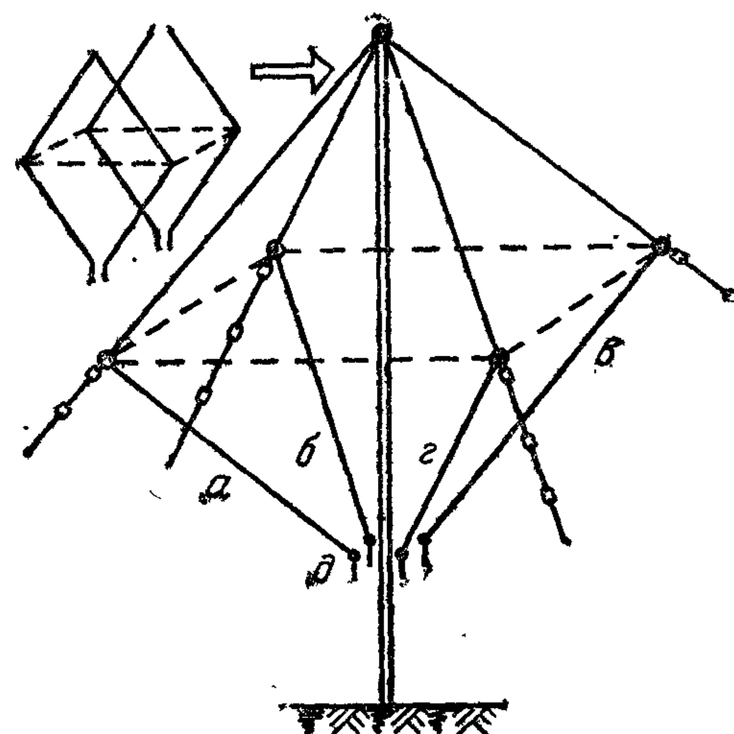


Рис. 4.15

направленности толкают радиолюбителей на создание направленных антенн, у которых пространственная ориентация диаграммы направленности изменяется не механическими, а электрическими способами.

Весьма удачную конструкцию антенны такого типа предложил Б. Всеволожский. Она представляет собой двухэлементную антенну с активным питанием рефлектора.

Конструкция антенны показана на рис. 4.15. Для сравнения рядом дано схематическое изображение обычного двойного «квадрата». Между этими антеннами имеется большое сходство. Если у «двойного квадрата» свести в одну точку верхние и нижние углы рамок, а средние части раздвинуть, то получим антенну, изображенную в центре рисунка. Четыре полурамки антенны (*а, б, в, г*) симметричны относительно вертикальной оси, что позволяет коммутировать диаграмму направлениости на четыре направления. Принципиальная схема узла, обеспечивающего подобную коммутацию, приведена на рис. 4.16.

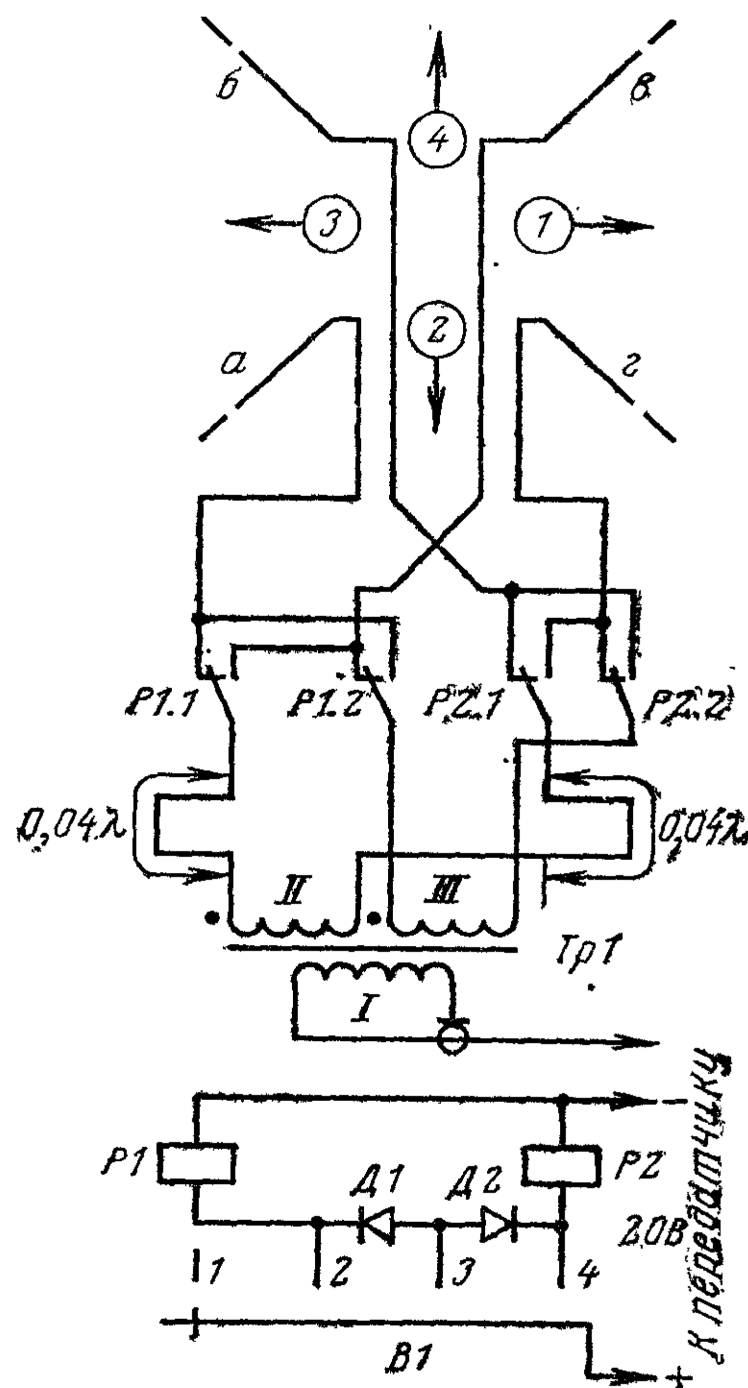


Рис. 4.16

Для формирования однонаправленной диаграммы излучения необходимо обеспечить разность фаз токов, протекающих в двух противоположных рамках, несколько превышающую 180°. Точное значение фазового сдвига зависит от эффективного расстояния между рамками. Исходный сдвиг фазы в 180° получают с помощью широкополосного высокочастотного трансформатора *Тр1*, а необходимый дополнительный сдвиг фазы дают удлиняющие элементы, включаемые в цепь рефлектора.

Переключение диаграммы направленности осуществляют реле *Р1* и *Р2*. Порядок включения этих реле определяется переключателем *В1*. В качестве примера рассмотрим работу антенны в показанном на рис. 4.16 первом положении переключателя, т. е. при обесточенных реле *Р1* и *Р2*. В этом случае обмотка *III* трансформатора *Тр1* через нормально замкнутые контакты *Р1.2* и *Р2.2* подключена непосредственно к полурамкам *в* и *г*. Обмотка *II* подключена к полурамкам *а* и *б* через удлиняющие элементы. При этом образуются две рамки *аб* и *вг*, причем первая из них является рефлектором. Основное излучение антенны будет в направлении рамки *вг*. Оно показано на рис. 4.16 стрелкой *1*. Стрелками *2—4* отмечены направления максимума диаграммы направленности, соответствующие остальным трем положениям переключателя *В1*.

Для диапазона 14,0—14,3 МГц антенна имеет следующие конструктивные данные: высота мачты (стальные трубы диаметром 20 мм) 9 м, высота точки g_1 (см. рис. 4.15) над крышей 1,5 м, длина каждой полурамки 10,95 м. Полурамки и удлиняющие элементы изготовлены из медного провода диаметром 2,5 мм, суммарная длина удлиняющих проводников около 1 м.

Чтобы устранить возможное влияние на работу антенны стальной мачты, в нее следует ввести вставки из изолирующего материала (стеклотекстолит, тефлон и т. п.). Их устанавливают с таким расчетом, чтобы получившиеся отрезки стальной трубы не имели резонанса вблизи рабочих частот антенны.

В качестве реле *Р1* и *Р2* применены четыре соединенных попарно герметизированных реле типа РЭС-34. Это сравнительно маломощные реле, поэтому следует избегать переключения диаграммы направленности при работающем передатчике. Как показал опыт, в этих условиях они работают достаточно надежно.

Высокочастотный трансформатор *Тр1* собран на двух ферритовых кольцах, сложенных вместе. Марка феррита 50ВЧ, типоразмер К32×16×8. Обмотка трансформатора выполнены 10 параллельными проводами ПЭЛ 0,31. Обмотка *I* содержит 10 витков, а *II* и *III* — по 8 витков каждая. Подобный трансформатор позволяет использовать с антенной передатчик первой категории с отдаваемой мощностью около 100 Вт. При питании антенны коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом коэффициент стоячей волны не превышает 1,4 во всем рабочем диапазоне частот.

Узел коммутирующего устройства установлен на четырех треугольных стальных пластинах, приваренных к мачте. На этих же пластинах укреплены изоляторы для крепления нижних концов проводов полурамок (верхние концы соединены вместе). При выполнении этого узла следует обратить особое внимание на то, чтобы соединительные проводники в одинаковых цепях имели одинаковую и как можно меньшую длину. В целом узел коммутирующего устройства должен быть надежно защищен от воздействия атмосферных осадков.

Для управления антенной необходимо три или два проводника. В последнем варианте в качестве общего для реле *Р1* и *Р2* провода используют внешнюю оплетку коаксиального кабеля, питающего антенну. Переключатель *В1* и диоды *Д1* и *Д2* расположены у передатчика на пульте управления антенной.

Проведенные на модели испытания антенны в диапазоне 144—146 МГц показали, что оптимальная длина полурамок 0,53 λ, а оптимальная суммарная длина удлиняющих проводников 0,08 λ. Диаграмма направленности антенны с такими данными показана на рис. 4.17. Ширина основного лепестка по уровню —3 дБ составляет примерно 90°. Легко видеть, что проигрыш в усилении для четырех наименее благоприятных направлений (в сторону полурамок) по сравнению с максимумами диаграммы направленности будет незначительным.

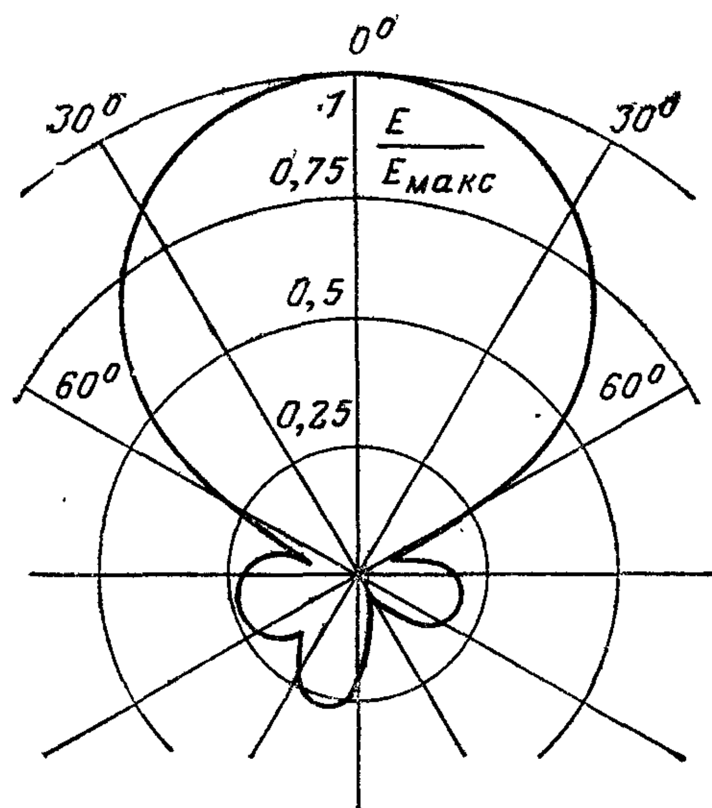


Рис. 4.17

МАЛОГАБАРИТНЫЕ АНТЕННЫ

Уменьшение размеров связных антенн — проблема, которая постоянно волнует коротковолновиков. Хотя наибольшие трудности возникают при изготовлении антенн на низкочастотные диапазоны (3,5 и 7 МГц), миниатюризация направленных вращающихся антенн на высокочастотных КВ диапазонах также представляет определенный интерес для радиоспортсменов.

Два варианта активных элементов антенны типа «двойной квадрат», предназначенных для работы в диапазоне 7 МГц, приведены соответственно на рис. 4.18 и 4.19. Обе антенны имеют в центре рамки конденсатор (сосредоточенная или распределенная емкость), с помощью которого антенна настраивается на рабочую частоту.

При настройке сосредоточенной емкостью (рис. 4.18) размеры рамок можно уменьшать примерно в 1,6—1,7 раза по отношению к полноразмерной антенне. Максимальная емкость конденсатора должна быть равна около 25 пФ. Настройка этого варианта антенны проста, но при ее изготовлении могут возникнуть трудности с изготовлением узла настройки: переменный конденсатор должен быть рассчитан на большие рабочие напряжения, иметь малые потери. Кроме того, весь узел следует надежно защитить от воздействия атмосферной влаги.

С этой точки зрения второй вариант антенны — с распределенной емкостью (рис. 4.19) — заметно проще. Однако оптимальное (т. е. без заметного ухудшения

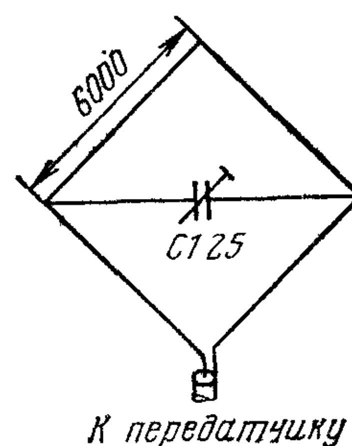


Рис. 4.18

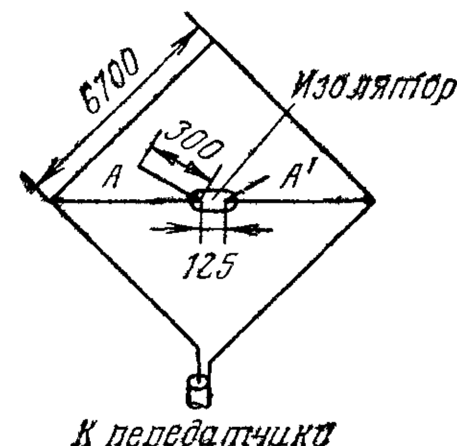


Рис. 4.19

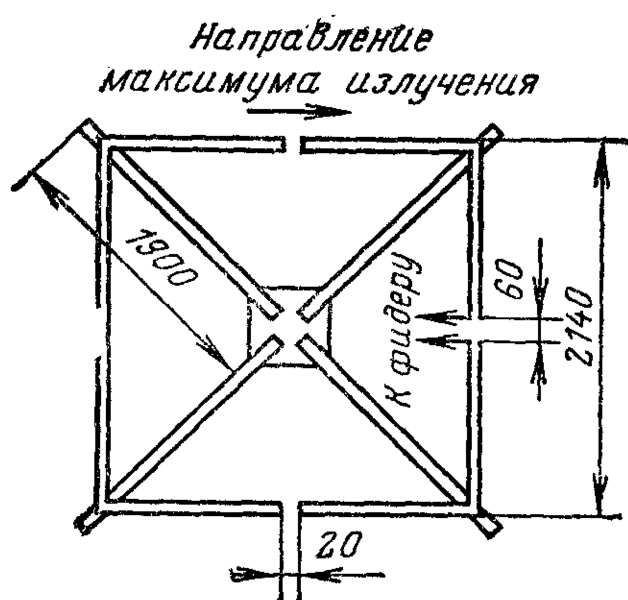


Рис. 4.20

характеристик антенны) уменьшение габаритов составляет примерно 1,4 раза. Настройку осуществляют укорачиванием проводников *A* и *A'*. Первоначально их длину следует взять на 300—400 мм больше указанной на рис. 4.19. Пассивные элементы этих «двойных квадратов» имеют точно такую же конструкцию.

При питании коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом без дополнительных согласующих устройство полоса пропускания антенны по уровню КСВ≤2 была около 50 кГц для обоих вариантов антенны. В зависимости от индивидуальных привычек оператора такую антенну можно настроить либо на телеграфный, либо на телефонный участок диапазона 7 МГц.

Сравнение подобных «двойных квадратов» с популярной на диапазоне 40 м полноразмерной антенной типа «Цеппелин» давало при DX связях выигрыш по крайней мере на одну единицу шкалы S (6 дБ). Во время этих испытаний как «Цеппелин», так и малогабаритный «двойной» квадрат» были установлены на высоте около 13 м.

Еще одна малогабаритная направленная антенна, предназначенная для работы в диапазоне 21 МГц, показана на рис. 4.20. Подобные антенны имеют, как правило, незначительное усиление (по сравнению с диполем) при хорошем отношении излучений вперед/назад. Это позволяет получить не только определенный выигрыш в излучаемом и принимаемом сигнале, но и существенно ослабить сигналы мешающих радиостанций. В современном переполненном радиостанциями эфире последняя характеристика антенны все чаще выходит на первый план.

Элементы антенны выполнены из ленточного кабеля с волновым сопротивлением 300 Ом и укреплены на крестообразной арматуре из диэлектрика: бамбук, дерево (лучше если оно будет пропитано эпоксидной смолой), фибергласс и т. п.

Для изготовления каждого элемента берут кусок кабеля длиной 4300 мм, проводники на концах кабеля соединяют пайкой, а один из проводов в середине куска разрывают. Кроме того, в активном элементе разрывают второй проводник и в месте разрыва подключают фидер. Питание антенны осуществляют коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом через согласующее устройство. Антенна имеет усиление около 3 дБ при отношении вперед/назад 12—13 дБ.

Все описанные выше антенны можно изготовить и на другие диапазоны, изменив соответствующим образом их размеры.

ТЕЛЕГРАФНЫЙ КЛЮЧ НА ЭЛЕМЕНТАХ 2И-НЕ

Для работы в эфире телеграфом многие радиолюбители применяют автоматические телеграфные ключи. Наиболее современные ключи выполняют на цифровых интегральных микросхемах и обеспечивают высокое качество передачи, в частности строгое соблюдение длительностей всех посылок и пауз, постоянство соотношений между ними во всем интервале рабочих скоростей.

Простой автоматический телеграфный ключ можно собрать, используя широкораспространенные логические элементы транзисторно-транзисторной логики. Его разработали В. Васильев и А. Хапичев из Куйбышева.

Принципиальная схема ключа на интегральных микросхемах серии К155 приведена на рис. 4.21. Без всяких изменений в схеме ключ можно выполнить и на логических элементах других серий например К133, К131.

На интегральной микросхеме *D1* выполнен управляемый генератор (элементы *D1.2, D1.3* и *D1.4*) и узел запуска генератора (элемент *D1.1*). Частота повторения импульсов определяется емкостью конденсатора *C1* и сопротивлением резисторов *R1* и *R2*. Генератор опре-

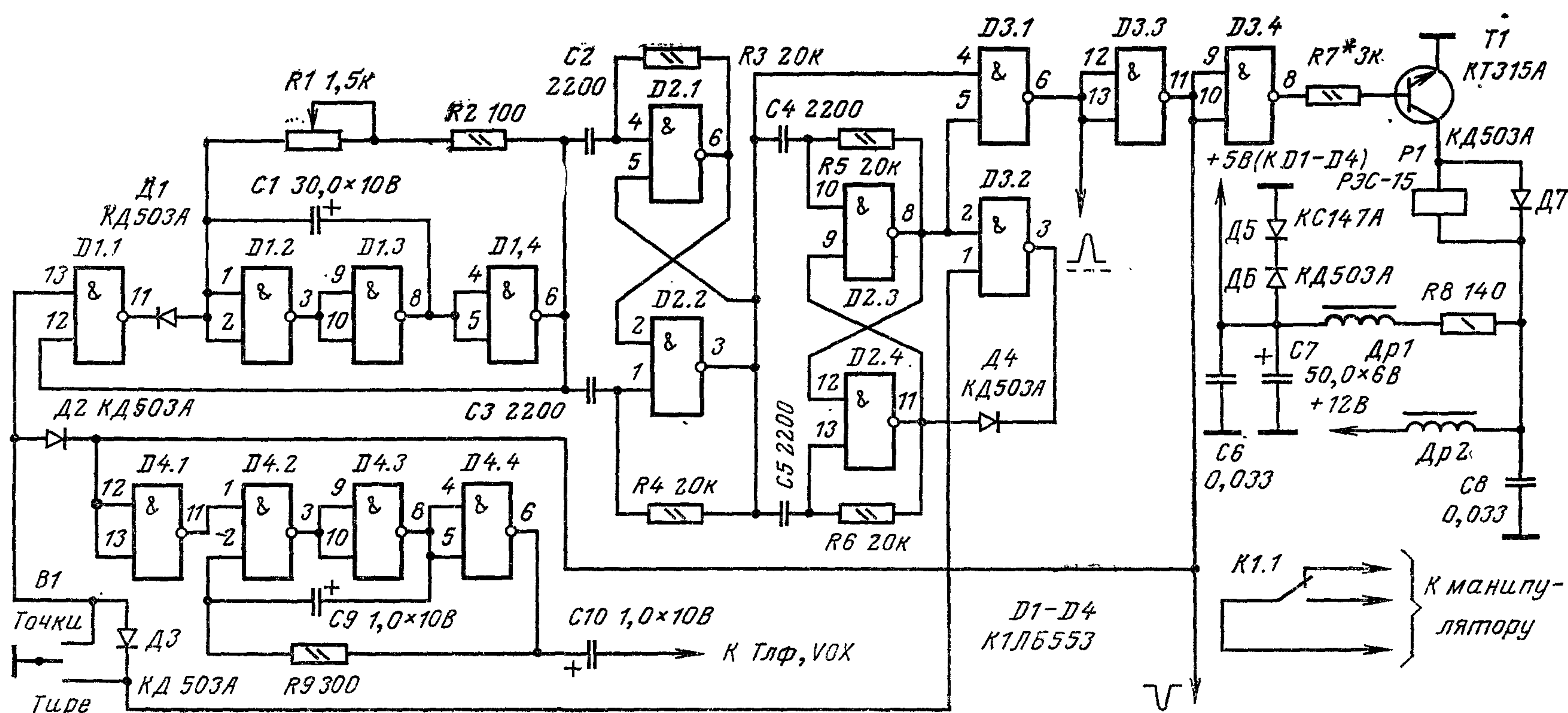


Рис. 4.21

деляет скорость передачи автоматического телеграфного ключа. Ее можно регулировать переменным резистором *R1* в пределах от 20 до 400 знаков в минуту.

Когда манипулятор *В1* находится в нейтральном положении, то на выходе элемента *D1.1* присутствует логический 0, и генератор не работает. Если манипулятор перевести в положение *Точки*, то на выходе этого элемента появится логическая 1. Генератор начнет генерировать импульсы, которые с его выхода поступят на триггер «точки», выполненный на элементах *D2.1* и *D2.2*. Диод *Д1* служит для развязки узла запуска и собственно генератора. Сформированные триггером посылки через элементы *D3.1, D3.3* и *D3.4* подаются на базу транзистора *Т1*, который управляет работой реле *Р1*, осуществляющего манипуляцию передатчика. В тех случаях, когда цепи управления передатчиком допускают работу непосредственно от сигналов с уровнями логических 0 и 1 транзисторно-транзисторной логики, то каскад на этом транзисторе можно исключить, а управляющие сигналы взять непосредственно с элементов *D3.1* или *D3.3* (соответственно «позитивная» и «негативная» манипуляция).

Обратная связь с выхода элементов *D3.3* и *D1.4* на вход узла запуска генератора (элемент *D1.1*) обеспечивает формирование полной посылки и паузы при кратковременном замыкании контактов манипулятора с последующим переводом его в нейтральное или даже противоположное положение.

С выхода триггера «точки» импульсы поступают также на триггер «двойной точки», выполненный на элементах *D2.3* и *D2.4*. Однако в положении манипулятора *Точки* работа этого триггера запрещена, так как на нижнем (по схеме) входе элемента *D3.2* присутствует логическая 1. Когда манипулятор находится в положении *Тире*, то генератор также запускается — разрешение на его запуск проходит на узел управления через диод *Д3*. Каскады, формирующие точку, работают в этом случае так же, как было описано выше. Но теперь на нижнем (по схеме) входе элемента *D3.2* появится логический 0 и триггер «двойной точки» начнет работать. Посылки с выходов триггеров «точки» и «двойной точки» суммируются элементом *D3.1*, образуя новую посылку длительностью в три точки, т. е. тире.

На интегральной микросхеме *D4* собран управляемый тональный генератор контроля, к выходу которого можно подключить головные телефоны, усилитель звуковых частот или систему VOX трансивера.

Фильтры нижних частот *Др1С6* и *Др2С8* защищают телеграфный ключ от прохождения помех и высокочастотных наводок. Если ключ предполагается использовать с передающим устройством, то его желательно экранировать целиком, а также поместить в экраны провода, идущие к манипулятору и переменному резистору *R1*. Последнее особенно важно, если они удалены от платы, на которой выполнен ключ.

Напряжение питания интегральных микросхем стабилизировано *(Д5, Д6)*. Перед монтажом ключа необходимо измерить напряжение стабилизации стабилитрона *Д5*. Если оно лежит в пределах 4,9—5,2 В, то диод *Д5* следует исключить. Применять стабилитроны с напряжением стабилизации выше 5,2 В не рекомендуется.

Налаживание автоматического телеграфного ключа сводится к установке необходимых пределов изменения скорости передачи (в первую очередь подбором конденсатора *С1*) и частоты тонального генератора (подбирается резистор *R9*). Для надежного срабатывания реле *Р1* возможно потребуется подбор резистора *R7*. Указанный на схеме номинал соответствует транзистору *Т1* со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21э}$, равным 20—30.

Реле *Р1* типа РЭС-15 (паспорт РС4.591.004). Автоматический ключ можно питать и от напряжения +9 В. В этом случае следует использовать реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.003) и подобрать резистор *R8*.

Дроссели *Др1* и *Др2* намотаны на кольцевых сердечниках диаметром 7—10 мм из феррита 600НН—3000НН проводом ПЭВ-1 0,2—0,3 мм. Число витков некритично (50—100). Вместо диодов КД503А можно использовать любые маломощные высокочастотные кремниевые диоды (Д20, Д220 и т. д.).

ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ «ОХОТЫ НА ЛИС»

Используя цифровые интегральные микросхемы, можно создать простой передатчик для проведения радиосвязей на коротковолновых диапазонах или для соревнований по радиолюбительской пеленгации («охота на лис»).

Принципиальная схема одного из таких устройств, разработанная Р. Гусевым и А. Волченко, приведена на рис. 4.22. Этот передатчик имеет выходную мощность в диапазоне 3,5 МГц около 2 Вт, а в диапазоне 28 МГц около 1,5 Вт. Он может работать как обычным *(А1)*, так и тональным *(А2)* телеграфом. Передатчик состоит из общего задающего генератора, двух независимых передающих трактов (один для диапазона 3,5 МГц, другой для диапазона 28 МГц) и генератора звуковых частот, который используется при работе тональным телеграфом. Несмотря на то, что тракты передачи для двух диапазонов независимые, передатчик тем не менее действительно прост, поскольку моточные элементы (и связанные с ними сложности в настройке) сведены к минимуму.

Задающий генератор выполнен на транзисторе *Т1*. Рабочая частота генератора (в пределах любительского диапазона 28 МГц) стабилизирована кварцевым резонатором *Пэ1*, который возбуждается на третьей механической гармонике. В диапазоне 28 МГц сигнал с задающего генератора через элементы *D1.1* и *D1.2* поступает на усилитель мощности на транзисторе *Т2*. Выходной каскад работает в режиме, близком к классу В. По существу транзистор *Т2* возбуждается прямоугольными импульсами, близкими по форме к меандру, а необходимая фильтрация гармоник на выходе передатчика осуществляется колебательным контуром *L2C6*.

Выключателем *В1* при необходимости можно включить генератор звуковых частот. Он выполнен на элементах *D1.3, D1.4* и *D2.1*. Сигнал с генератора частотой около 1000 Гц поступает на второй вход элемента

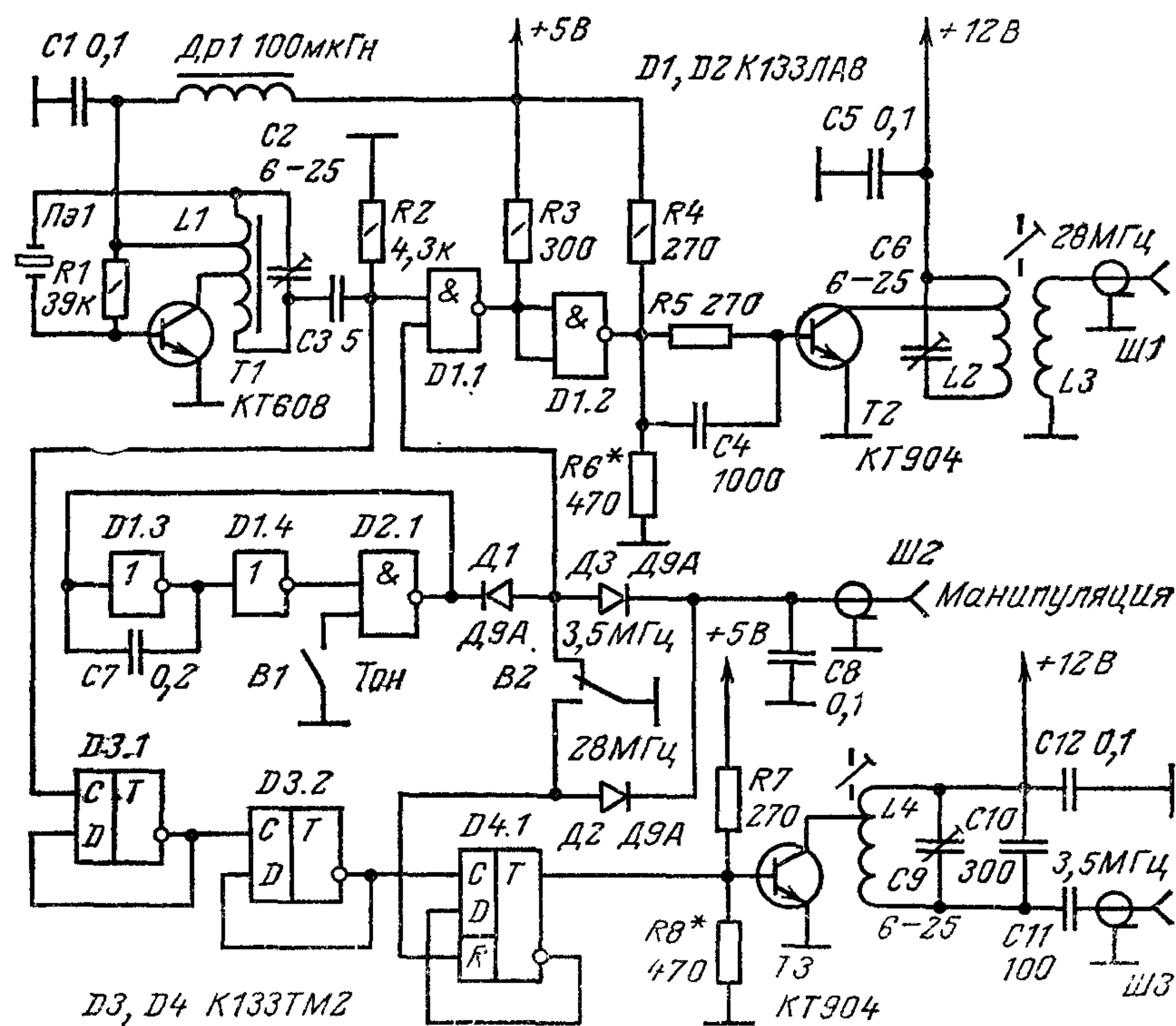


Рис. 4.22

D1.1, который в этом случае выполняет роль амплитудного модулятора.

При работе в диапазоне 3,5 МГц прохождение сигнала через элемент *D1.1* блокировано логическим 0 — нижний (по схеме) вход этого элемента соединен с общим проводом через замкнутые контакты переключателя диапазонов *В2*. Сигнал с задающего генератора поступает на делитель частоты, выполненный на триггерах *D3.1*, *D3.2* и *D4.1*. С выхода последнего триггера сигнал, частота которого точно в восемь раз меньше частоты задающего генератора, поступает на усилитель мощности на транзисторе *Т3*. Когда передатчик работает в диапазоне 28 МГц, прохождение сигнала через последний триггер делителя частоты *D4.1* на усилитель мощности этого диапазона блокировано логическим 0 на входе *R*-триггера. Вход соединен с общим проводом через замкнутые контакты переключателя *В2*.

Манипулятор (телеграфный ключ или автоматическое устройство) подключают к разъему *Ш2*. Следует учесть, что манипуляция у передатчика «негативная» — при замыкании цепи управления на общий провод передатчик не излучает. В автоматических устройствах обычно имеются (или могут быть без труда реализованы) оба выхода — как с «позитивной», так и с «негативной» манипуляцией. Манипулировать «негативом» с помощью обычного телеграфного ключа можно, но неудобно. В этом случае целесообразно ввести в цепи управления инвертор. Его можно выполнить на одном из незадействованных логических элементов, входящих в интегральную микросхему *D2*. Диоды *Д1*—*Д2* обеспечивают необходимую развязку цепей манипуляции.

Заметим, что тональная модуляция подается только на передающий тракт диапазона 28 МГц. На других диапазонах в соревнованиях по радиолюбительской пеленгации она не применяется, а что касается обычной работы на коротких волнах, то ее использовать вообще нельзя.

Конструкция. Выходные каскады выполнены по разным схемам. Это обусловлено тем, что в диапазоне 28 МГц обычно применяют в качестве антенны полуволновый диполь, который питают коаксиальным кабелем, а в диапазоне 3,5 МГц — небольшой (по сравнению с длиной волны) кусок провода и противовес. Соответственно, у выходного каскада для диапазона 28 МГц связь с антенной индуктивная (это, кстати, обеспечивает лучшую фильтрацию гармоник), а у каскада для диапазона 3,5 МГц — емкостная.

Следует учесть, что частоты, соответствующие любительскому диапазону 10 м, превышают предельную частоту переключения, гарантированную для триггеров серий К155 и К133. Однако эксперименты показывают, что из партии в 10 триггеров обычно можно найти хотя бы один, устойчиво работающий на этих частотах. Его и необходимо применить в первом каскаде делителя частоты (триггер *D3.1*).

Катушка *L1* выполнена на кольцевом сердечнике из феррита М30ВЧ (типоразмер К12×6×4,5). Она содержит 13 витков провода ПЭЛШО 0,35 (отводы от 3- и 6-го витков, считая сверху по схеме). Катушки *L2*—*L4* наматывают на каркасе диаметром 10 мм с подстроечниками СЦР-1. Катушка *L2* содержит 15 витков провода ПЭВ-1 0,8; *L3* (намотана поверх *L2*) — 6 витков провода ПЭЛШО 0,35; *L4* — 40 витков провода ПЭЛШО 0,15. У катушек *L2* и *L4* отводы следует сделать примерно от одной трети витков, считая от верхнего по схеме конца катушки.

Налаживание передатчика сводится, по существу, к получению устойчивой генерации задающего генератора. Здесь помимо настройки контура *L1C2* на рабочую частоту может потребоваться (для кварцевых резонаторов с низкой активностью) более точно подобрать отводы у катушки индуктивности *L1*. Если в передатчике будут использоваться сменные кварцы, то следует проверить работу задающего генератора со всем комплектом. Заметим, что применять в передатчике кварцы, генерирующие на частотах выше 29,2 МГц, нельзя, иначе в диапазоне 3,5 МГц рабочая частота окажется за пределами любительского диапазона (выше 3,65 МГц).

При налаживании усилителей мощности может потребоваться подбор резисторов *R6* и *R8* по максимальной выходной мощности. Здесь следует соблюдать осторожность, чтобы не превысить максимальную мощность, которую можно подводить к транзисторам *Т2* и *Т3*. Настройку выходных контуров оконечных каскадов и подбор связи с антеннами производят по обычной для таких устройств методике.

ПЕРЕДАТЧИК «МАЯК»

«Маяк» — это маломощный передатчик, работающий в диапазоне частот 3,5—3,65 МГц (любительский диапазон 80 м), с помощью которого «охотник на лис» может быстро проверить работоспособность своего приемника-пеленгатора, направленные свойства антенн, использовать его для тренировок в поиске «лисы» даже в помещении. С антенной длиной 10—15 м «Маяк» можно использовать для показательных выступлений по «охоте на лис» в парках, на спортивных площадках. Разработал его и всесторонне испытал в работе с юными «лисоловами» мастер спорта СССР А. Партин.

Принципиальная схема передатчика показана на рис. 4.23. Он состоит из генератора колебаний высокой частоты на транзисторе *Т4* и манипулятора на транзисторах *Т1*—*Т3*. Генератор выполнен по схеме емкостной «трехточки». Частота генерируемых колебаний определяется в основном емкостью конденсатора *С3*. Отводы контурной катушки *L1* упрощают подбор оптимального режима работы генератора, что повышает его выходную мощность.

Колебания генератора через катушку *L2*, индуктивно связанную с контурной катушкой, поступают в антенну, подключенную к гнезду *Гн1*.

Манипулятор образуют несимметричный мультивибратор на транзисторах *Т1* и *Т2* и усилитель тока на транзисторе *Т3*, выполняющей роль электронного ключа, управляющего работой генератора. Транзистор *Т3* периодически в такт с импульсами тока, поступающими на его базу от мультивибратора, открывается и закрывается. Открываясь, он замыкает собой цепь питаиия транзистора *Т3* и генератор ВЧ возбуждается. Когда же транзистор *Т3* закрывается и его сопротивление резко увеличивается, генератор ВЧ выключается. Таким образом, передатчик излучает колебания ВЧ не непрерывно, а периодическими посылками, через определенные промежутки времени. При указанных на схеме соотношениях между номиналами резисторов *R3* и *R4* и конденсаторов *С1* и *С2* длительность каждой высоко-

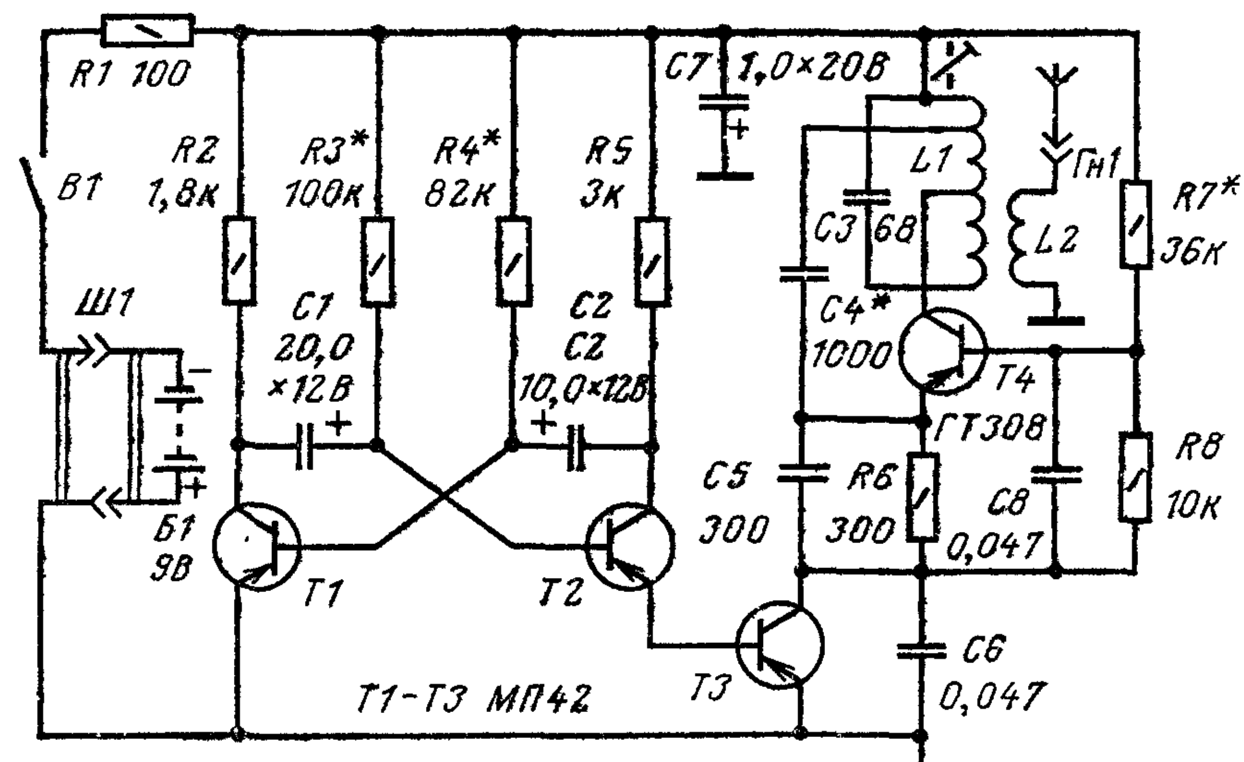


Рис. 4.23

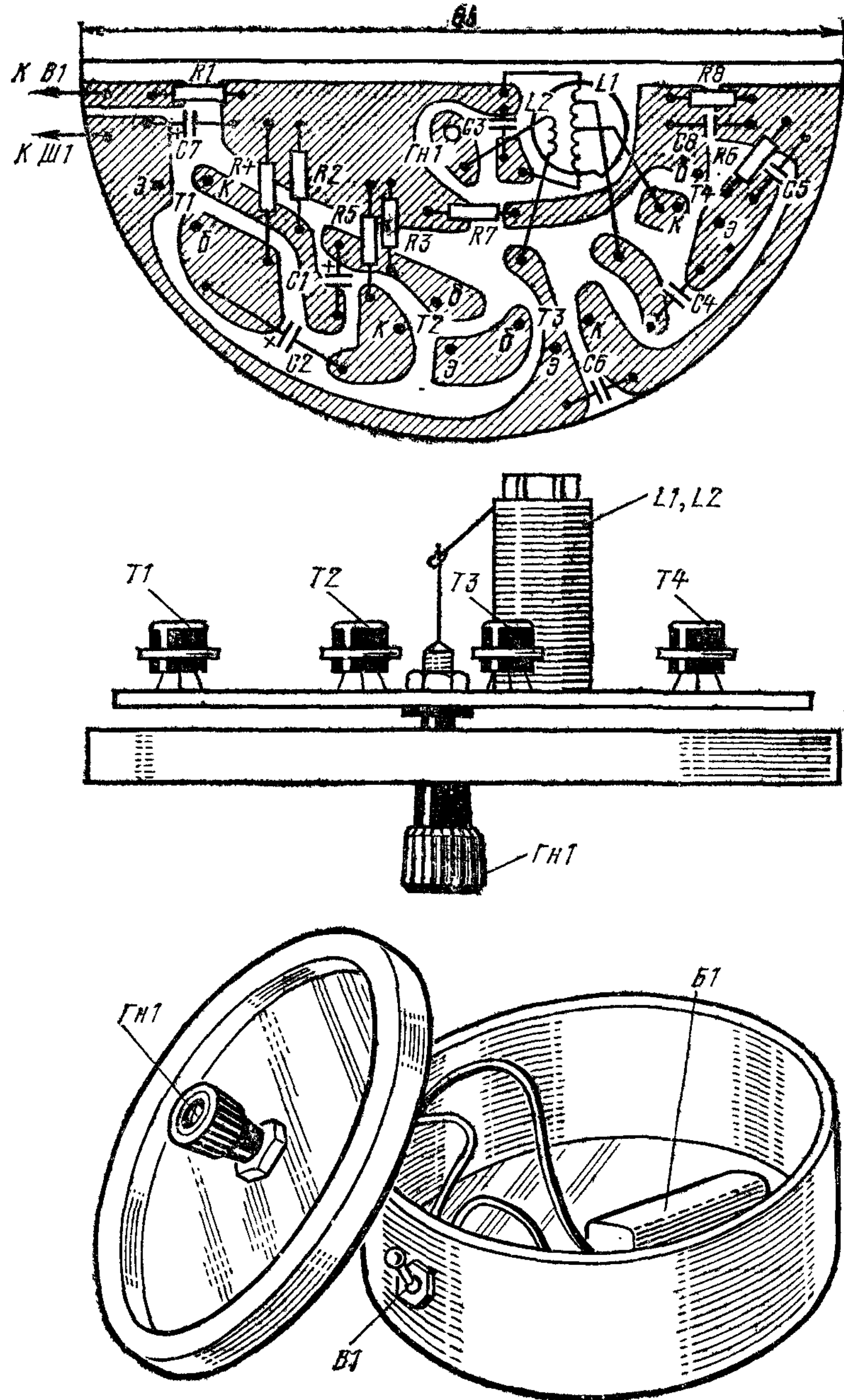


Рис. 4.24

частотной посылки будет 0,6—1 с, а продолжительность пауз между ними 0,3—0,5 с.

Для питания передатчика используется батарея «Крона» или аккумуляторная батарея 7Д-0,1.

Конструкция передатчика показана на рис. 4.24. Его корпусом служит круглая пластмассовая коробка с внутренним диаметром около 100 мм со съемной крышкой. Все детали, кроме батареи и выключателя питания, смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита, имеющей форму полукруга, вписывающего в коробку. С помощью шпильки антенного гнезда-зажима *(Гн1)* она укреплена на крышке коробки. Батарея находится внутри коробки, а выключатель питания (тумблер ТВ2-1) на боковой стенке.

Печатная плата разработана под детали: конденсаторы *C1* и *C2* — К50-3, *C7* — К53-1, *C3* — *C6* и *C8* — КМ-5; резисторы — МЛТ-0,25. Высокочастотный транзистор ГТ308 можно заменить на П402, П403, П416, а низкочастотный МП42 — транзисторами серий МП39—МП41 со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ не менее 30.

Контурная катушка *L1* генератора ВЧ намотана на полистироловом каркасе диаметром 15 и высотой 45 мм с карбонильным подстроечным сердечником. Всего она содержит 55 витков провода ПЭВ-2 0,35—0,41, намотанного виток к витку. Отводы сделаны о т5- и 30-го витков, считая от верхнего (по схеме на рис. 4.23) вывода. При среднем положении подстроечного сердечника индуктивность катушки должна быть около 35 мкГн. Катушка связи *L2*, намотанная поверх контурной катушки, содержит 5 витков такого же провода.

Проверив монтаж и особо внимательно включение выводов и отводов катушки *L1*, приступают к испытанию и налаживанию передатчика. Сначала проверяют генератор ВЧ. На это время вывод эмиттера транзистора *T3* отключают от заземленного проводника, конденсатор *C6* замыкают накоротко проволочной перемычкой (чтобы замкнуть цепь питания транзистора *T4*), а параллельно разомкнутым контактам выключателя питания подключают миллиамперметр. Если при отключении конденсатора *C4* ток, фиксируемый миллиамперметром, увеличивается скачкообразно, то генератор работает. Если же генератор не возбуждается, надо еще раз проверить порядок включения выводов и отводов контурной катушки, качество транзистора, подобрать резистор *R7*. Сопротивление резистора *R7*, влияющего на возникновение и устойчивость генерации, может быть, в зависимости от коэффициента $h_{21э}$, использованного транзистора, 10—20 кОм.

Наибольшей выходной мощности генератора добиваются подбором конденсатора *C4* и резистора *R7*. Индикатором мощности может служить микроамперметр на ток 100—150 мкА (например, микроамперметр авометра), подключенный через германиевый точечный диод серии Д9 или Д2 к контуру *L1C3* генератора. Подбором этих деталей добиваются наибольшего отклонения стрелки индикатора.

Затем проверяют и налаживают манипулятор. Проволочную перемычку, замыкающую конденсатор *C6*, удаляют, восстанавливают соединение эмиттера транзистора *T3* с заземленным проводником, а коллектор этого транзистора, предварительно отключив его от цепочки *R6C5*, соединяют через резистор сопротивлением 1—1,2 кОм с отрицательным проводником цепи питания. Параллельно участку эмиттер-коллектор транзистора *T3* подключают вольтметр постоянного тока с относительным входным сопротивлением не менее 5 кОм/В и включают питание. При работе мультивибратора напряжение на коллекторе транзистора должно скачком изменяться почти от нуля (когда транзистор открывается) до напряжения источника питания (транзистор закрывается). Подбором резисторов *R3* и *R4* добиваются, чтобы длительность посылок, когда напряжение на коллекторе транзистора *T3* близко к нулю, была примерно вдвое больше пауз между ними.

После этого восстанавливают соединение коллектора транзистора *T3* с цепочкой *R6C5* и, пользуясь ГИРом, волномером или проградуированным приемником, измеряют частоту передатчика. Она должна быть в участке 3,5—3,65 МГц любительского диапазона. Такую частоту передатчика устанавливают, изменяя индуктивность контурной катушки подстроечным сердечником и, если надо, подбирая конденсатор *C3*. Настройку контура считают правильной, если средняя частота участка (3,57—3,58 МГц) будет соответствовать среднему положению подстроечного сердечника контурной катушки.

КОМБИНИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО РАДИОСПОРТСМЕНА

Нередко одного и того же радиоспортсмена можно увидеть за коротковолновой радиостанцией, на стартах «охоты на лис», на соревнованиях по многоборью радистов. Освоить такие виды спорта — дело нелегкое, отнимающее много времени и требующее хорошего технического оснащения спортсмена.

Устройство, разработанное А. Гречихиным и В. Морозкиным, отличается простотой конструкции и широкими функциональными возможностями. Его можно использовать в качестве контрольного или даже спортивно-

го приемника в «охоте на лис». Коротковолновики могут применять его для проведения любительских радиосвязей и наблюдений. Устройство можно использовать как передатчик для тренировок в пеленгации и поиске, как измерительный генератор для проверки и настройки пеленгаторных антенн, для обучения «охотников» приемам настройки на частоту «лисы». Радиоконструкторы смогут применить прибор в качестве генератора сигналов или гетеродинного волномера. Данное устройство может выполнять функции микротрансивера для проведения тренировок (на небольших расстояниях) по работе в радиосети, по радиосвязи и телеграфному обмену в эфире. Иными словами, устройство, описание конструкции которого приведено ниже, — универсальный аппарат для проведения тренировок и соревнований по всем видам радиоспорта. Он будет полезен не только радиоспортсменам, но и тренерам, и радиолюбителям-конструкторам.

Комбинированный прибор радиоспортсмена представляет собой, по существу, минитрансивер-радиопеленгатор, работающий в 80-метровом любительском диапазоне. Он позволяет принимать телеграфные или SSB-сигналы на частотах 3,5—3,65 МГц, а также определять на этом участке направление на источник излучения любого типа с вертикальной поляризацией (инструментальная погрешность не хуже ±2°). Приемный тракт имеет чувствительность не хуже 5 мкВ/м и динамический диапазон по входу не менее 50 дБ. Глубина регулировки усиления не менее 80 дБ. Уровень «забития» при максимальном усилении и расстройке ±10 кГц не хуже 20 мВ/м.

Передающий тракт прибора работает только в телеграфном режиме. Подводимая к оконечному каскаду мощность составляет примерно 100 мВт. При этом обеспечивается дальность связи с однотипным минитрансивером на расстояние до 500 м.

Кратковременная нестабильность частоты не превышает $1{,}5\cdot10^{-5}$ за 1 мин при приеме, и $7{,}5\cdot10^{-5}$ при передаче. Ток, потребляемый прибором в режиме приема, составляет примерно 10 мА, а в режиме передачи («нажатие») — 15—20 мА.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 4.25. Он состоит из приемника прямого преобразования и усилителя мощности, имеющих общий гетеродин — задающий генератор. Приемник содержит двухкаскадный усилитель высокой частоты (гибридная микросхема *А1* и часть гибридной микросхемы *А2*), гетеродин (оставшаяся часть гибридной микросхемы *А2*), кольцевой балансный смеситель (гибридная микросхема *А3*) и усилитель звуковых частот (интегральная микросхема *А4*). В аппаратуре с прямым преобразованием частота гетеродина приемника близка к требуемой частоте для задающего генератора телеграфного передатчика (расстройка не превышает 1 кГц и составляет обычно 400—700 Гц). Это обстоятельство позволяет сделать передающую часть весьма простой. Она состоит из задающего генератора (его роль выполняет гетеродин приемника) и усилителя мощности на одном транзисторе *Т1*.

Когда переключатель *В1* находится в положении *Передача,* то его контакты *В1в* шунтируют вход приемника, контакты *В1г* разрывают цепи питания каскадов, используемых только при приеме. Одновременно к выходному каскаду передатчика подключается штыревая антенна (контакты *В1а* и *В1б*). Роль телеграфного ключа выполняет кнопка *Кн1.* Пока она не нажата, база транзистора *Т1* соединена с эмиттером, транзистор полностью закрыт и сигнал гетеродина в антенну не проходит. При нажатии на кнопку *Кн1* на базу транзистора поступает ВЧ сигнал и в эфир идет соответствующая телеграфная посылка.

Когда не нажата ни одна из кнопок *Кн2 — Кн4,*

Рис. 4.25

частота приема (передачи) устанавливается основным органом настройки — переменным конденсатором *C4*. Для повышения оперативности работы с прибором (переход на запасную частоту, прослушивание других радиостанций — маяков, «лис», корреспондентов) или точного совмещения частот приема и передачи (при работе с прибором как с минитрансивером) служат переменные конденсаторы *C25, C27* и *C29*, подключаемые соответствующими кнопками. Каждый из них должен иметь отдельную шкалу.

Конструкция. При разработке конструкции прибора усилитель передатчика и антенный контур следует поместить в отдельный отсек.

Рамочная антенна *Ан2* имеет диаметр 272 мм. Она изготовлена из дюралюминиевой трубки диаметром 8 мм, ее катушка содержит 6 витков с отводом от одного витка. Для намотки рамочной антенны нужно использовать провод в хорошей (механически прочной) изоляции диаметром 0,5 мм. Штырьевая антенна *Ан1* длиной 300—400 мм изготавливается из тонкой (диаметр около 2 мм) стальной проволоки.

Все катушки, кроме *L5*, намотаны на карбонильных кольцевых сердечниках (типоразмер К11×7×5). Катушки содержат: *L1*—50, *L2*—2×15, *L3*—2×20, *L4*—20+30, *L6*—12 витков провода ПЭВ-1 0,23. Катушка *L7* имеет 90 витков провода ПЭВ-1 0,3, а *L8*—3 витка. Катушка индуктивности фильтра низших частот намотана на кольцевом ферритовом сердечнике из материала М1000НН (типоразмер К10×6×4,5). Она содержит 550 витков провода ПЭВ-1 0,08. Дроссели *Др-1—Др3* могут быть любого типа.

Налаживают прибор по общепринятым методикам для подобной аппаратуры.

КАССЕТА-ПРИСТАВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕЛЕГРАФНОЙ АЗБУКИ

Для начальной подготовки радиотелеграфистов в радиолюбительских кружках и в спортивно-технических клубах ДОСААФ часто используют магнитофильмы с учебными и контрольными текстами, записанными с различными скоростями передачи знаков телеграфной

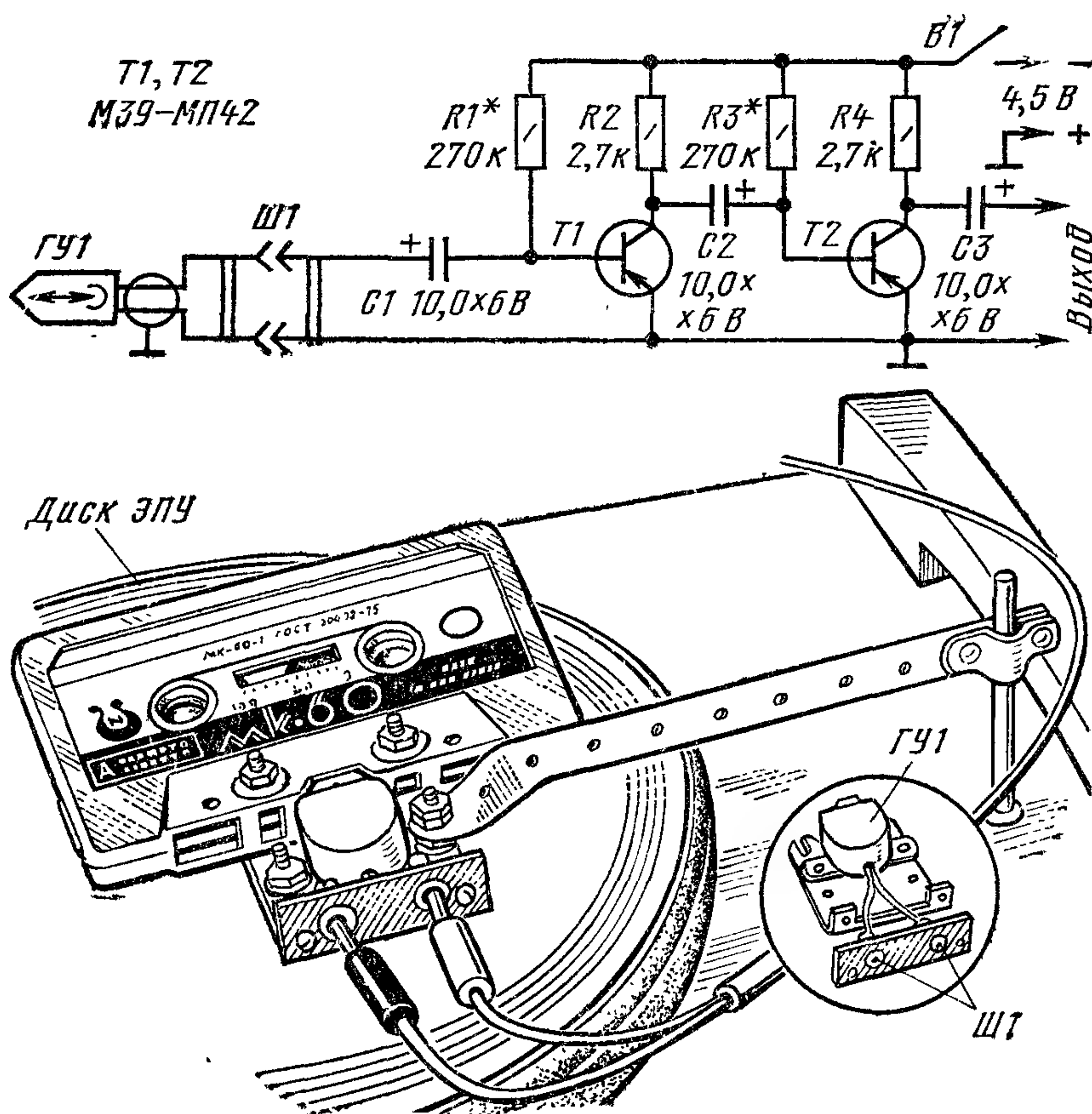


Рис. 4.26

азбуки. Но, к сожалению, далеко не во всех кружках особенно во вновь организуемых, есть магнитофоны и генераторы для записи контрольных текстов. Восполнить этот пробел помогут описываемые здесь кассета-приставка и генератор, предложенные московским радиолюбителем В. Кравченко.

Несложное техническое оснащение кружка радиотелеграфистов состоит (рис. 4.26) из малогабаритной кассеты МК-60, универсальной магнитной головки от транзисторного магнитофона и предварительного усилителя НЧ. Магнитная головка *ГУ1* преобразует сигналы телеграфной азбуки, записанные на магнитной ленте кассеты, в электрические колебания звуковой частоты, которые через разъем *Ш1* и конденсатор *C1* поступают на вход двухкаскадного предварительного усилителя НЧ на транзисторах *T1* и *T2*. С выхода усилителя сигнал подают на вход оконечного усилителя для громкого звуковоспроизведения телеграфной азбуки.

Универсальную магнитную головку (например, от магнитофонов «Дайна», «Яуза-5») жестко скрепляют с кассетой с помощью металлической пластинки, изогнутой уголком. На этой же пластинке крепят двухгнездную колодку (гнездовая часть разъема *Ш1*) для соединения магнитной головки со входом предварительного усилителя. Чтобы рабочий зазор головки надежно прилегал к магнитной ленте и прижимал ее к войлочной прокладке, в кассете выпиливают надфилем небольшие выемки.

Подогнав и соединив эти детали в единую конструкцию, к ней прикрепляют металлический рычаг. Длина рычага должна быть такой, чтобы приставку можно было закрепить на опорной стойке под звукосниматель, а левая (по рис. 4.26) бобышка кассеты находилась над осью диска электропроигрывающего устройства (ЭПУ).

На ось диска ЭПУ туго надевают пластмассовую насадку, сделанную, например, из колпачка негодной шариковой ручки. В ее верхней конусообразной части делают по окружности несколько продольных пропилов для лучшего зацепления с зубьями бобышки кассеты. При включении ЭПУ вместе с диском начнет вращаться бобышка кассеты и, следовательно, будет протягиваться магнитная лента перед рабочим зазором головки. На выводах головки появятся электрические сигналы, которые усиливаются, а затем преобразуются в звуковые сигналы телеграфной азбуки.

Скорость движения магнитной ленты в кассете определяется установленной частотой вращения диска ЭПУ.

Конструкция предварительного усилителя НЧ произвольная. Его вместе с батареей питания (3336Л или три элемента 332, соединенные последовательно) можно собрать в корпусе малогабаритного транзисторного приемника. Транзисторы могут быть серий МП39—МП42 с любым буквенным индексом, статический коэффициент передачи тока базы не менее 30. Конденсаторы К50-3 или К50-6 на номинальное напряжение 6—10 В, резисторы МЛТ-0,25. Налаживание усилителя сводится к подбору резисторов *R1* и *R3*, через которые на базы транзисторов подается напряжение смещения. Надо подобрать резисторы таких номиналов, чтобы токи в коллекторных цепях транзисторов были в пределах 0,8—1 мА.

В качестве оконечного усилителя используют низкочастотный тракт радиовещательного приемника, телевизора, соединяя его гнезда *Звукосниматель* с выходом предварительного усилителя экранированным проводом, усилитель электрофона или самодельный с выходной мощностью 0,5—1 В. Общий заземленный проводник предварительного усилителя кассеты-приставки должен соединяться с общим проводом (шасси) дополнительного усилительного устройства.

Обратную перемотку магнитной ленты в кассете можно осуществить вручную либо воспользоваться тем

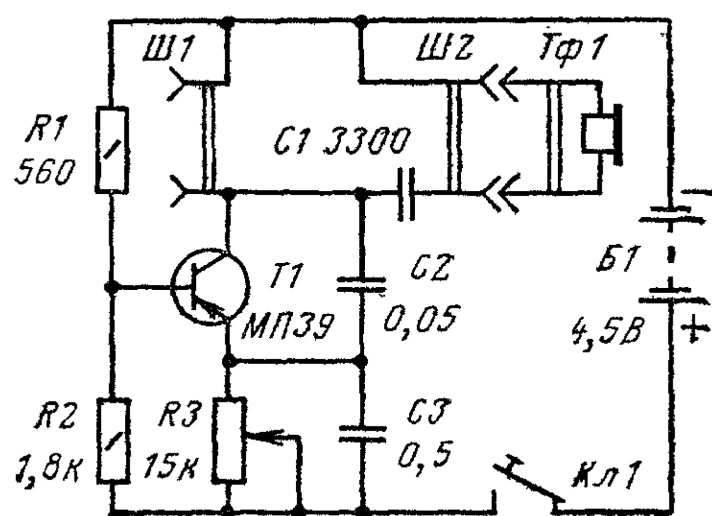


Рис. 4.27

же ЭПУ, перевернув кассету на другую сторону и установив ее так, чтобы насадка оси диска вошла в другую бобышку.

Для записи радиограммы на магнитную ленту кассеты используют генератор колебаний звуковой частоты, схема которого приведена на рис. 4.27. Генератор собран на одном низкочастотном транзисторе серий МП39—МП42 по схеме емкостной «трехточки». Положительная связь между коллекторной и эмиттерной цепями транзистора, благодаря которой он возбуждается, образуется емкостным делителем переменного напряжения *С2, С3*. Переменным резистором *R3* устанавливают необходимую частоту колебаний генератора. При верхнем (по схеме) положении его движка, когда конденсатор *С3* оказывается замкнутым, генерация срывается.

Конструкция генератора, как и предварительного усилителя НЧ приставки, произвольная.

Гнезда разъема *Ш1* генератора соединяют проводниками с вилками на концах с гнездами магнитной головки приставки. В розетку *Ш2* включают высокоомные головные телефоны *Тф1*. Движок переменного резистора *R3* устанавливают в нижнее (по схеме) положение. Нажав телеграфный ключ *Кл1*, перемещением движка вверх добиваются среднего тона звука в телефонах, соответствующего частоте генерируемых колебаний около 1000 Гц. Затем включают ЭПУ (на минимальной частоте оборотов) и с помощью телеграфного ключа записывают нужную радиограмму. Естественно, что запись радиограммы должен делать опытный радиотелеграфист.

Если на магнитной ленте имеется старая запись, стереть ее можно с помощью генератора. Для этого, перемещая движок переменного резистора вверх (по схеме), увеличивают частоту колебаний генератора до тех пор, пока сигнал в головных телефонах станет еле различимым, а затем включают ЭПУ и держат телеграфный ключ нажатым, пока не будет стерта старая запись.

Для того чтобы всякий раз, когда надо стереть старую запись, не подбирать на слух сигнал генератора, последовательно с переменным резистором, между ним и эмиттером транзистора, можно включить постоянный резистор. Его сопротивление должно быть таким, чтобы при крайнем верхнем (по схеме) положении движка переменного резистора частота генератора соответствовала необходимой частоте напряжения стирания.

ГЛАВА 5

ИЗМЕРЕНИЯ

ВЫСОКООМНЫЙ ВОЛЬТМЕТР

Относительное входное сопротивление авометров при измерении постоянных напряжений обычно не превышает 2 кОм/В, что не позволяет использовать их для контроля напряжений в высокоомных цепях. Для подобных работ необходим вольтметр с входным сопротивлением в несколько мегаом. Такой прибор можно собрать по одному из многочисленных описаний, опубликованных в радиолюбительской литературе, но значительно проще взять за основу заводской авометр и изготовить к нему несложную приставку. Так поступил киевский радиолюбитель В. Тихомиров, собравший вольтметр постоянного тока с высоким входным сопротивлением на базе авометра Ц4323. Верхние пределы измерений он выбрал равными 0,5; 2; 10; 50; 200 и 1000 В. Входное сопротивление прибора на первом пределе составляет 10, на остальных — 20 МОм.

Принципиальная схема приставки вместе с авометром показана на рис. 5.1. Нетрудно видеть, что она представляет собой балансный каскад на полевых транзисторах *Т1* и *Т2*, между истоками которых включен стрелочный измерительный прибор авометра *ИП1*. При подключении приставки входной делитель измеряемого напряжения образуется ее резисторами *R1, R2* и резисторами *R5, R8, R11, R14* и *R17* авометра. Нужные пределы измерений выбирают переключателем *В1*, измеряемое напряжение подводят к гнездам *Гн1* и *Гн2* (с последним вольтметр соединяется при включении питания). Под действием этого напряжения токи стоков транзисторов изменяются, разность потенциалов между их истоками, установленная перед измерением (переменным резистором *R5*) равной нулю, становится отличной от нуля и стрелка микроамперметра отклоняется на угол, пропорциональный измеряемому напряжению. Калибруют вольтметр подстроечным резистором *R7*. Конденсаторы *С1* и *С2* защищают балансный каскад от наводок переменного тока.

Конструкция и детали. Для работы с описываемой приставкой авометр необходимо доработать — ввести в него гнездо *Гн3* и соединить его с выводом микроамперметра, как показано на схеме. Отверстие под гнездо (диаметром 2,2 мм) сверлят в середине углубления, которое образуется, если в правой нижней части авометра удалить часть металлической накладки длиной 7 мм. Под этим отверстием и устанавливают гнездо, которое желательно взять того же типа, что и примененные в авометре. Его припаивают к свободным контактным заклепкам, имеющимся внутри прибора.

В приставке можно использовать любые транзисторы серии КП103. Остальные детали — любого типа, желательно малогабаритные. Резисторы *R1* и *R2* необходимо подобрать с отклонением от указанных на схеме значений не более чем ±1%. Детали приставки монтируют на печатной плате размерами 79×49 мм, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Корпус приставки (его размеры 85×55×35 мм) склеивают из листового органического стекла или полистирола толщиной 3 мм. В его дне в точном соответствии с расположением соответствующих гнезд авометра сверлят семь отверстий и закрепляют в них штыри длиной 18—20 мм, которые играют роль штепселей при стыковке приставки с авометром. Для удобства монтажа штыри желательно пропустить не только через дно корпуса, но и через отверстия в печатной плате. Оси органов управления приставкой (пе-

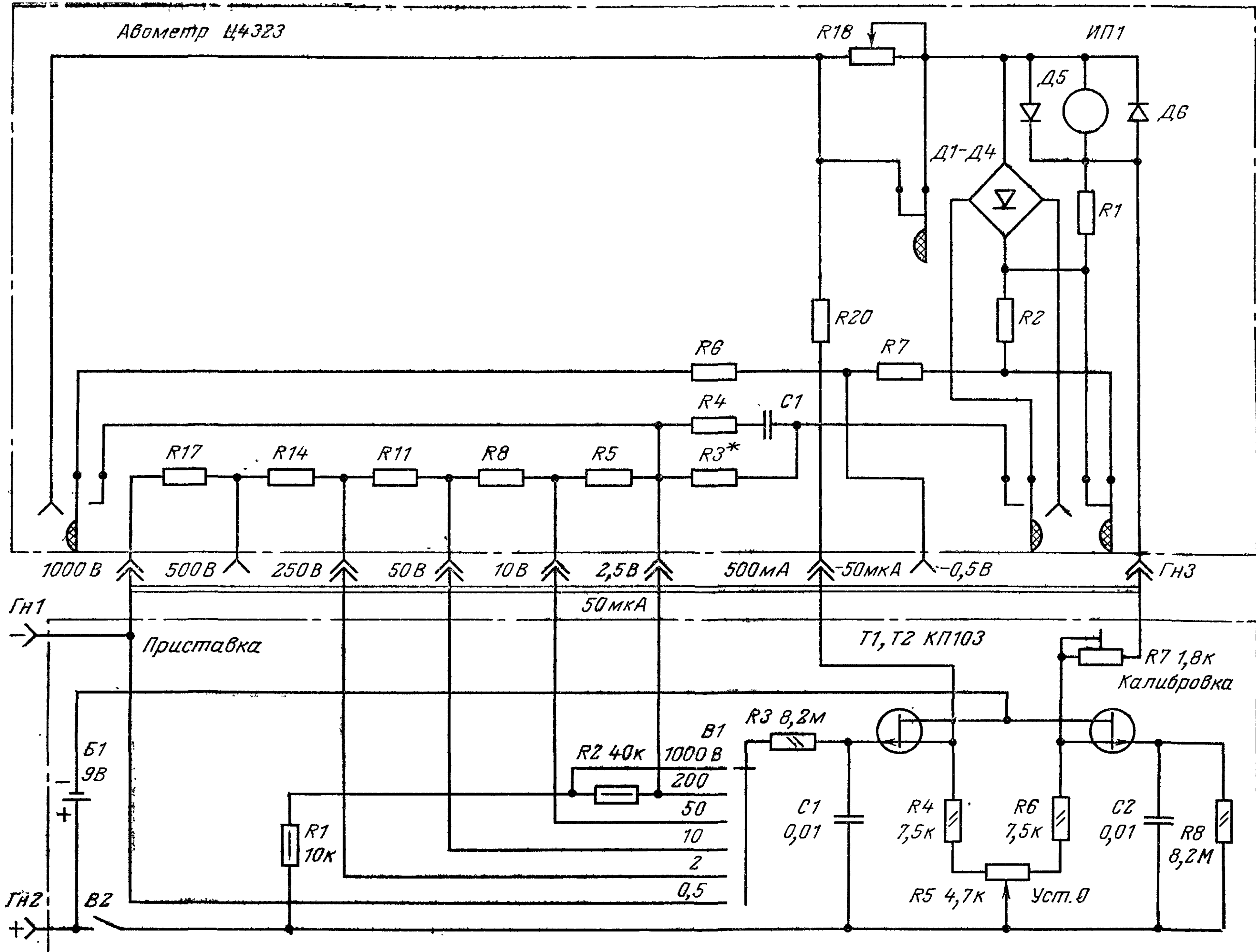


Рис. 5.1

реключателя *В1* и выключателя *В2*, резисторов *R5* и *R7*) целесообразно вывести на верхнюю (по отношению к дну) крышку корпуса, а гнезда *Гн1* и *Гн2* — на боковую. Для крепления батареи питания («Крона») желательно предусмотреть пружинящий П-образный держатель.

Калибруют вольтметр (установив предварительно переменным резистором *R5* стрелку прибора на нулевую отметку), как обычно, подав на его вход образцовое напряжение 2 или 10 В. На последнюю отметку шкалы стрелку устанавливают подстроечным резистором *R7*.

Те, кого не смутит уменьшение входного сопротивления на всех пределах измерения до 10 МОм и повышение верхней границы первого предела до 1 В, могут и не переделывать авометр. В этом случае штепсели приставки, вставляемые по схеме на рис. 5.1 в гнезда *Гн3* и *1000 В*, надо расположить так, чтобы они стыковались с гнездами *—50 мкА*, *—0,5 В* и *500 В*, а сопротивление подстроечного резистора *R7* увеличить до 4,7 кОм.

МИЛЛИВОЛЬТМЕТР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Прибором, разработанным горьковчанином И. Уткиным, можно измерить переменное напряжение синусоидальной формы частотой от 100 кГц до 30 МГц. Верхние пределы измерений 3, 10, 30, 100, 300 и 1000 мВ (с внешним делителем напряжения 0,3; 1; 3; 10; 30 и 100 В). Входное сопротивление прибора (вернее, его выносного пробника) около 3 МОм, входная емкость 6 пФ. Основная погрешность на частотах до 1 МГц не более 2,5%, во всем диапазоне 12%. Предусмотрена возможность калибровки прибора перед измерениями от встроенного генератора, вырабатывающего синусоидальное напряжение 10 мВ. Питается милливольтметр от сети переменного тока через выпрямитель с простейшим стабилизатором на стабилитроне Д814Б.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 5.2. В его состав входят выносной пробник, многоступенчатый делитель напряжения, широкополосный усилитель измеряемого напряжения, стрелочный измерительный прибор, генератор калибровочного напряжения, выносной делитель и сетевой блок питания (на схеме не показан).

Выносной пробник, обладающий высоким входным и низким выходным сопротивлениями, выполнен на полевом (*Т1*) и биполярном (*Т2*) транзисторах, включенных по схеме повторителей напряжения. Для уменьшения влияния со стороны остальных каскадов прибора питание на пробник подается через развязывающие фильтры *R4C3* и *R3C2*. Нагрузкой пробника является низкоомный делитель напряжения, состоящий из резисторов *R5—R14*. В зависимости от положения переключателя *В1* все измеряемое напряжение или определенная его часть поступает на вход трехкаскадного широкополосного усилителя с коэффициентом усиления око-

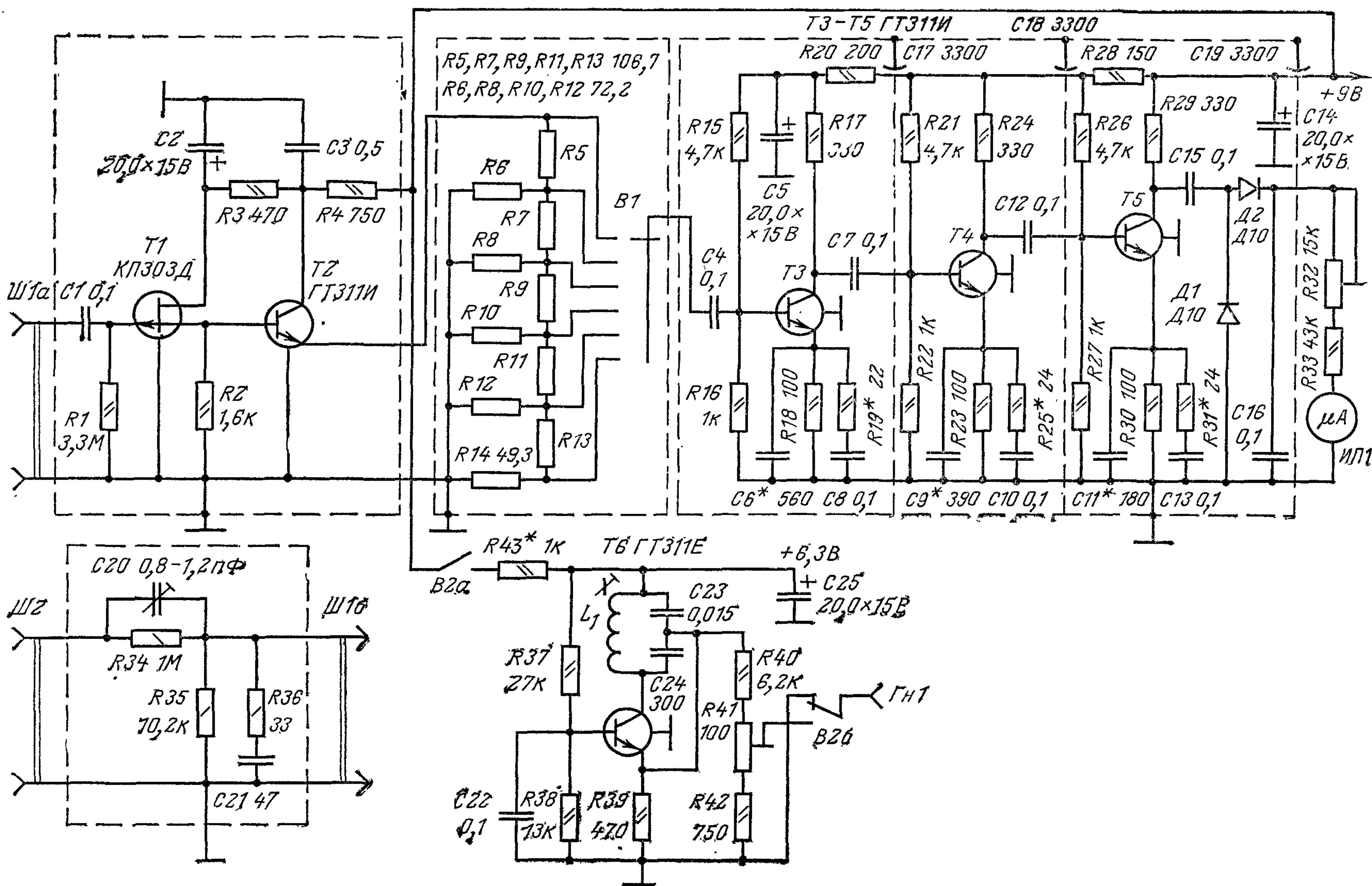


Рис. 5.2

ло 1000, выполненного на транзисторах *Т3 — Т5*. Как видно из схемы, все три каскада идентичны по схеме и отличаются друг от друга только цепями коррекции АЧХ. В первом каскаде коррекция осуществляется конденсатором *С6* и последовательной цепью *R19C8*, во втором — *С9* и *R25C10*, в третьем *С11* и *R31C13*. В цепи питания каскадов включены развязывающие фильтры *R20C5* и *R28C17C18*.

С выхода усилителя измеряемое напряжение подается на выпрямитель, собранный по схеме удвоения на диодах *Д1, Д2*. Его нагрузкой является последовательная цепь, состоящая из микроамперметра *ИП1* и резисторов *R32* (им при калибровке прибора устанавливают стрелку микроамперметра на отметку 10) и *R33*. Применение высокоомной нагрузки позволило уменьшить неравномерность шкалы прибора. Если же пойти на некоторое увеличение неравномерности, то, уменьшив сопротивление этих резисторов вдвое, чувствительность прибора можно увеличить в 2—3 раза и ввести еще один предел измерений (1 мВ).

Генератор калибровочного напряжения, выполненный на транзисторе *Т6* вырабатывает переменное напряжение синусоидальной формы частотой около 550 кГц. На эту частоту его настраивают подстроечником катушки *L1*. Калибровочное напряжение 10 мВ снимается с движка подстроечного резистора *R41* и при включении питания (переключатель *В2* в нижнем по схеме положении) подается на гнездо *Гн1*, к которому при калибровке подключают вход выносного пробника.

Выносной частотно-компенсированный делитель напряжения с коэффициентом деления 1 : 100 выполнен на резисторах *R34—R36* и конденсаторах *С20* и *С21*. Требуемый коэффициент деления на самых высоких частотах рабочего диапазона устанавливают, изменяя емкость подстроечного конденсатора *С20*.

Конструкция и детали. Милливольтметр смонтирован в корпусе, изготовленном из листового алюминиевого сплава толщиной 1,5 мм. Несущим элементом конструкции является передняя панель, изготовленная из дюралюминия толщиной 2,5 мм. К ней приклепаны опорные стойки, к которым крепят монтажные платы, органы управления прибором и латунный стакан с гнездом *Гн1*, куда при установке нуля и калибровке вставляют выносной пробник.

Детали прибора смонтированы на платах из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Плата усилителя с выпрямителем помещена в латунный секционированный экран, перегородки которого отделяют друг от друга каскады усилителя. На отдельной плате смонтирован генератор калибровочного напряжения. Его катушка *L1* намотана проводом ЛЭШО 10×0,07 (60 витков) на стандартном трехсекционном каркасе и помещена в ферритовый броневой сердечник ОБ-12. Для регулировки индуктивности применен ферритовый подстроечник диаметром 2,8 и длиной 12 мм, резьбовой держатель которого ввинчен в полистироловую втулку, приклеенную к броневому сердечнику.

Резисторы делителя напряжения припаяны непосредственно к контактам малогабаритного переключателя ПМ. За основу взят переключатель 11П1Н. В его фиксирующем механизме звездочка на 11 положений заменена самодельной на 6 положений. Новая звездочка изготовлена с таким расчетом, чтобы переключатель фиксировался не в каждом положении, а через одно. К неподвижным контактам, соответствующим нефиксируемым положениям, припаяны небольшие латунные экранчики, уменьшающие емкостную связь между резисторами делителя.

Выносной пробник смонтирован в латунном цилинд-

ре диаметром 22 мм и длиной 100 мм и соединен с прибором трехпроводным кабелем длиной 900 мм. Провод, соединяющий эмиттер транзистора *Т2* с делителем напряжения, должен быть высокочастотным многожильным в экранирующей оплетке.

Внешний делитель напряжения монтируют в латунном цилиндре такого же диаметра, что и пробник, но длиной 60 мм.

В делителях милливольтметра применены резисторы БЛП-0,1 (*R5—R14*) и УЛИ-0,25 (*R34—R36*) с допускаемым отклонением от номинала ±1%. Подстроечные резисторы *R32* и *R41*—СП3-9а, микроамперметр *ИП1*—М24 с током полного отклонения 100 мкА.

Трансформатор питания можно намотать на ленточном или набранном из Ш-образных пластин сердечнике сечением среднего керна 3—4 см². Сетевая (на 220 В) обмотка должна содержать 1710 витков провода ПЭВ-1 0,18—0,23, понижающая (20 В) — 165 витков провода ПЭВ-1 0,3.

Налаживание милливольтметра начинают с широкополосного усилителя (покаскадно). Проверив режимы работы транзисторов *Т3—Т5* по постоянному току (все они должны быть примерно одинаковыми), на входы каскадов через конденсатор емкостью 0,1 мкФ подают сигнал напряжением 2 мВ (на первый каскад), 20 мВ (на второй) и 200 мВ (на третий) от генератора сигналов Г4-102 или Г4-18. Выходное напряжение генератора контролируют высокочастотным вольтметром В3-25 или В3-4. Изменяя частоту испытательного напряжения от 0,1 до 30 МГц, регулируют АЧХ каждого каскада в отдельности. Делают это подбором корректирующих элементов в эмиттерных цепях транзисторов, добиваясь максимальной равномерности АЧХ во всем рабочем диапазоне частот. Затем на вход налаженного таким образом усилителя подают от генератора сигналов напряжение 2 мВ частотой 550 кГц. При этом стрелка микроамперметра должна отклониться на всю шкалу. Изменяя частоту сигнала в тех же пределах, что и при покаскадном налаживании, более точным подбором элементов корректирующих цепей добиваются минимально возможной неравномерности АЧХ усилителя.

Калибровочное напряжение 10 мВ на выходе генератора на транзисторе *Т6* устанавливают подстроечным резистором *R41*.

ГЕНЕРАТОР — ПРОБНИК НА БЛОК-СБОРКЕ БС-1

На сборке БС-1, объединяющей в своем корпусе два биполярных (структуры *n-p-n*) и два полевых (с каналом *n*-типа) транзистора, можно выполнить много несложных устройств самого разного назначения. Примером может служить генератор-пробник, разработанный Г. Шульгиным в лаборатории журнала «Радио».

Генератор-пробник предназначен для проверки и налаживания радиоприемной и звукоусилительной аппаратуры. Он вырабатывает сигнал НЧ частотой 1 кГц и модулированный им по амплитуде сигнал ВЧ частотой 465 кГц. Питать его можно от любого источника напряжением 12—15 В, например от трех соединенных последовательно батарей 3336Л, восьми соединенных последовательно элементов 316 и т. д.

Принципиальная схема генератора-пробника приведена на рис. 5.3. Он состоит из генератора сигналов ВЧ на транзисторе *Т1*, генератора сигналов НЧ на транзисторе *Т3* и амплитудного модулятора на полевых транзисторах *Т2* и *Т4*. Генератор сигналов ВЧ собран на транзисторе, включенном по схеме с заземленной (по ВЧ через конденсатор *С2*) базой. Режим работы транзистора по постоянному току определяется резисторами *R1—R3*, частота генерируемых колебаний — параметрами элементов колебательного контура *L1C3—C5*. Генератор сигналов НЧ представляет собой каскад, охваченный ПОС через двойной Т-мост, в состав которого входят резисторы *R7—R9* и конденсаторы *С7—С10*. Частота генерируемых колебаний зависит от параметров этих элементов и составляет в данном случае примерно 1 кГц.

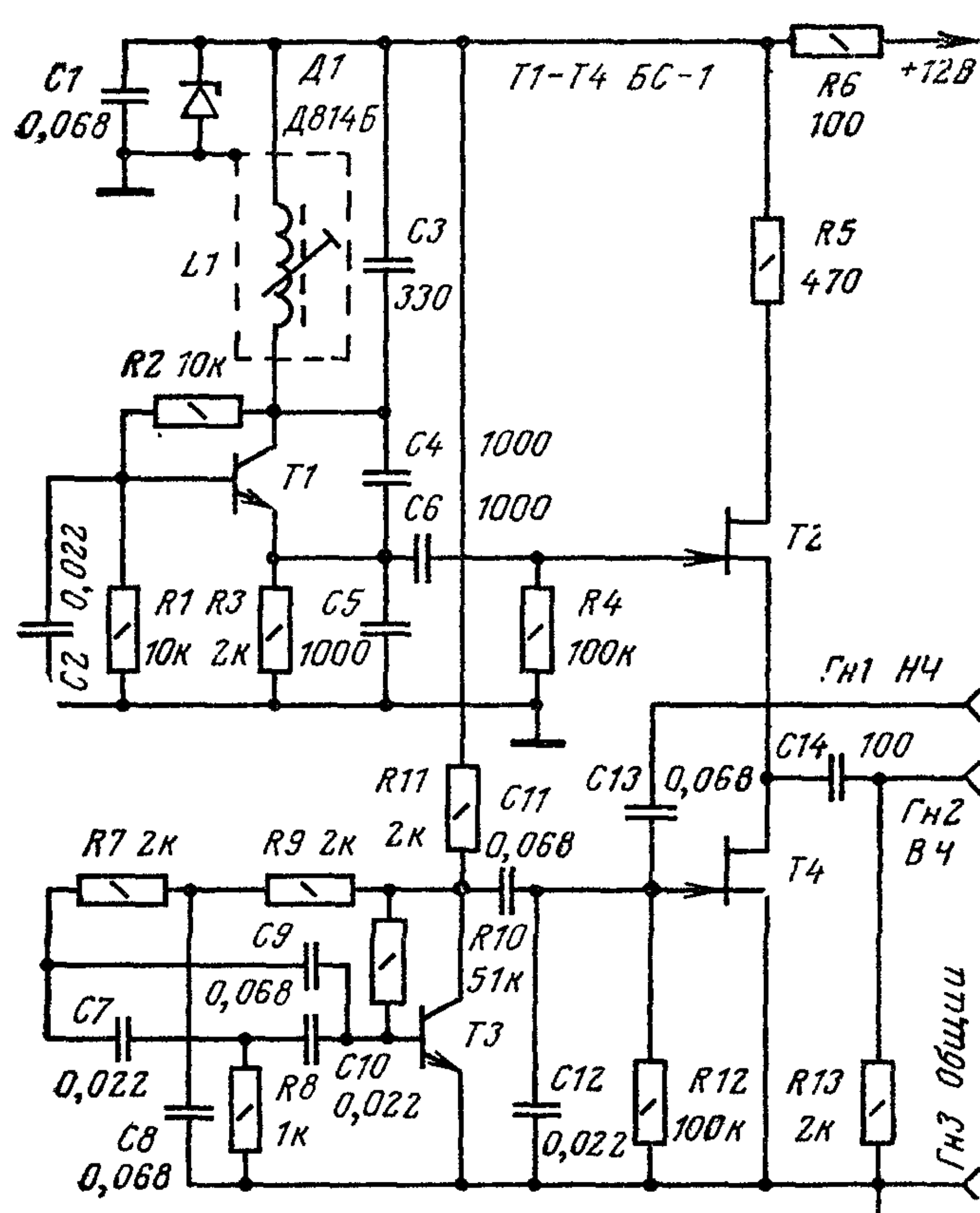


Рис. 5.3

Напряжение ВЧ через конденсатор *С6* поступает на затвор полевого транзистора *Т2*, а напряжение НЧ через конденсатор *С11* — на затвор транзистора *Т4*. Благодаря последовательному соединению каналов транзисторов *Т2* и *Т4*, совместное воздействие этих напряжений на их затворы приводит к тому, что напряжение ВЧ оказывается промодулированным по амплитуде. С выхода модулятора (точка соединения истока транзистора *Т2* со стоком транзистора *Т4*) модулированное напряжение ВЧ через конденсатор *С14* (он пропускает только колебания ВЧ) поступает на гнездо *Гн2* (*ВЧ*) Напряжение НЧ с выхода генератора на транзисторе *Т3* подается на гнездо *Гн1* (*НЧ*). В зависимости от того, какой сигнал необходим для проверки или настройки собранной конструкции, щупы пробника включают в гнезда *Гн3* (*Общий*) и *Гн2* или *Гн3* и *Гн1*.

Для стабилизации частоты вырабатываемых колебаний напряжение питания пробника поддерживается неизменным с помощью простейшего устройства на стабилитроне *Д1* и резисторе *R6*.

Конструкция и детали. Сравнительно небольшое число деталей позволяет собрать пробник на плате площадью 30—40 см² (например, размерами 60×60 мм). Правда, для этого все детали должны быть малогабаритными: конденсаторы типа КМ, КЛС, резисторы типа МЛТ-0,25, ВС-0,125 и т. п. В контуре генератора ВЧ можно использовать катушку фильтра ПЧ от транзисторных приемников. Стабилитрон Д814Б при необходимости можно заменить на Д809. Кстати, вместо сборки БС-1 в пробнике можно применить биполярные транзисторы серии КТ315 с $h_{21э} \geqslant 50$ и полевые транзисторы серии КП303.

Налаживание пробника сводится практически к настройке генератора ВЧ на частоту 465 кГц. Контролировать работу генераторов пробника удобно по осциллографу, подключенному к затвору транзистора *Т2*. При включении питания на его экране должно появиться характерное изображение амплитудно-модулированных колебаний с глубиной модуляции около 30%. Глу-

бину модуляции m нетрудно рассчитать, измерив на экране осциллографа наибольший $U_{макс}$ и наименьший $U_{мин}$ размахи модулированных колебаний: $m=(U_{макс}-U_{мин})/(U_{макс}+U_{мин})$.

Может оказаться, что генератор НЧ не самовозбуждается. В этом случае генерации добиваются, подключив параллельно конденсаторам моста конденсаторы емкостью 0,002—0,01 мкФ.

На нужную частоту генератор ВЧ настраивают с помощью заводского или любительского супергетеродинного приемника с промежуточной частотой 465 кГц. Поднеся генератор возможно ближе к антенному гнезду или магнитной антенне приемника, подстроечным сердечником катушки *L1* (а при необходимости и подбором конденсатора *C3*) перестраивают генератор, добиваясь максимальной громкости звука частотой 1 кГц. О точной настройке генератора ВЧ на частоту 465 кГц будет свидетельствовать неизменная громкость звука при перестройке приемника в любом диапазоне.

При проверке радиоприемника вначале необходимо убедиться в исправности его усилителя НЧ. Если он исправен, то при подаче на вход детекторного каскада модулированного сигнала с гнезда *Гн2* из громкоговорителя должен быть слышен звук частотой 1 кГц. Затем щупом, вставленным в это гнездо, прикасаются к входным цепям последнего каскада усилителя ПЧ. Убедившись в его работоспособности, щуп поочередно приближают к входным цепям предшествующих каскадов усилителя, но не касаются их, так как сигнал генератора-пробника сравнительно велик и, если не принять этой меры предосторожности, то каскады усилителя ПЧ могут перегрузиться. Перегрузка может стать причиной неправильной настройки усилителя ПЧ на частоту 465 кГц при налаживании приемника.

Низкочастотные тракты проверяют начиная с оконечного каскада. Щуп в этом случае вставляют в гнездо *Гн1*, а гнездо *Гн3* соединяют (при необходимости) с общим проводом проверяемого устройства.

ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ

На интегральной микросхеме К1УС221Б можно собрать простой звуковой генератор на фиксированную частоту. Принципиальная схема такого генератора приведена на рис. 5.4. Амплитуда выходного напряжения на нагрузке 10 кОм составляет 0,7—2 В при коэффициенте гармоник 0,3—1%.

Самовозбуждение усилителя на интегральной микросхеме *A1* обеспечивается включением между выходом и входом (соответственно выводы *11* и *4*) фазосдвигающей *RC*-цепочки, образованной конденсаторами *C2*—*C4*, резисторами *R1*—*R5*, а также входным сопротивлением микросхемы. При указанных на схеме номиналах частота генерации будет около 1 кГц. Ее можно изменять в широких пределах подбором конденсаторов *C2*—*C4* (соблюдая условие $C2=C3=C4$). Сопротивления резисторов *R1* и *R2* могут лежать в пределах 1,5—4,7 кОм.

От глубины обратной связи (она устанавливается подстроечным резистором *R4*) зависит как амплитуда выходного напряжения, так и коэффициент гармоник. Для получения плавной регулировки обратной связи (т. е. возможности точно установить требуемый режим работы генератора) следует точнее подобрать резисторы *R3* и *R5*. Предварительно вместо резисторов *R3*—*R5* включают один переменный резистор сопротивлением около 10 кОм и находят положение движка, при котором срываются колебания. Затем, измерив сопротивления плеч этого резистора, восстанавливают соединения и включают резистор *R3* сопротивлением, близким к сопротивлению верхнего плеча (от верхнего вывода до движка), а резистор *R5* сопротивлением, равным сопротивлению нижнего плеча. Теперь подстроечным резистором *R4* нетрудно установить требуемую глубину обратной связи.

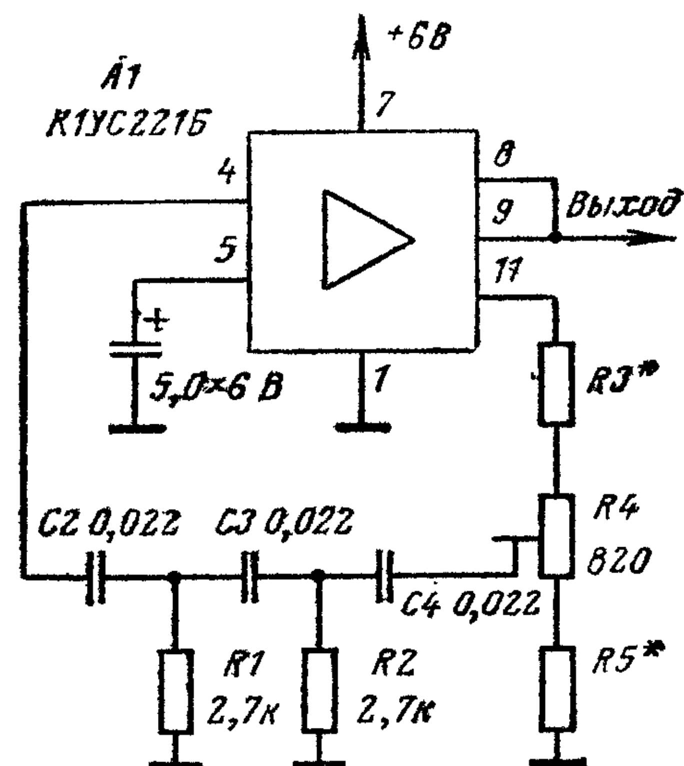


Рис. 5.4

Если к форме выходного сигнала не предъявляется жестких требований, то резисторы *R3*—*R5* можно вообще исключить, а правый по схеме вывод конденсатора *C4* присоединить непосредственно к выводу *11* интегральной микросхемы. В этом случае амплитуда выходного сигнала будет 2—2,2 В, а коэффициент гармоник возрастет до 5—10%.

Без каких-либо изменений в схеме для данного генератора можно применить интегральные микросхемы К1УС221 с любым индексом (либо аналогичные им микросхемы К1УС181 с любым буквенным индексом), причем для интегральных микросхем с индексами В, Г и Д напряжение питания можно увеличить до 12 В. Это позволит получить большее выходное напряжение.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ

В этом несложном по схеме приборе, разработанном ульяновским радиолюбителем В. Угоровым, объединены два взаимно дополняющих устройства: генератор сигналов звуковой и ультразвуковой частоты и генератор сигналов высокой частоты. Это позволяет с его помощью налаживать и проверять самые различные устройства, работающие в диапазоне частот от 26 Гц до 12 МГц.

Рабочий диапазон генератора сигналов звуковой и ультразвуковой частоты (далее для краткости генератор НЧ) разделен на пять поддиапазонов: 26—240, 200—1500 Гц, 1,3—10, 9—60 и 56—400 кГц. Максимальная амплитуда выходного сигнала составляет 2 В и регулируется плавно и ступенчато (выходным аттенюатором ее можно уменьшить на 20 и 40 дБ). Неравномерность АЧХ во всем диапазоне частот не превышает 3 дБ, коэффициент гармоник — 1,5%. Для контроля выходного сигнала в приборе предусмотрен стрелочный измеритель.

Генератор сигналов высокой частоты (далее генератор ВЧ) вырабатывает напряжение синусоидальной формы частотой от 140 кГц до 12 МГц (поддиапазоны 140—340, 330—1000 кГц; 1—2,8; 2,7—12 МГц). Выходное напряжение регулируется ступенями через 20 дБ (ослабление на 20, 40 и 60 дБ) с помощью выносного аттенюатора и плавно регулятором амплитуды, имеющимся в генераторе. Максимальная амплитуда сигнала 0,2 В. Контролируют его по тому же стрелочному прибору, что и в генераторе НЧ. Для модуляции сигнала ВЧ по амплитуде можно использовать как входящий в состав устройства генератор НЧ, так и любой другой: для этой цели предусмотрены специальные гнезда.

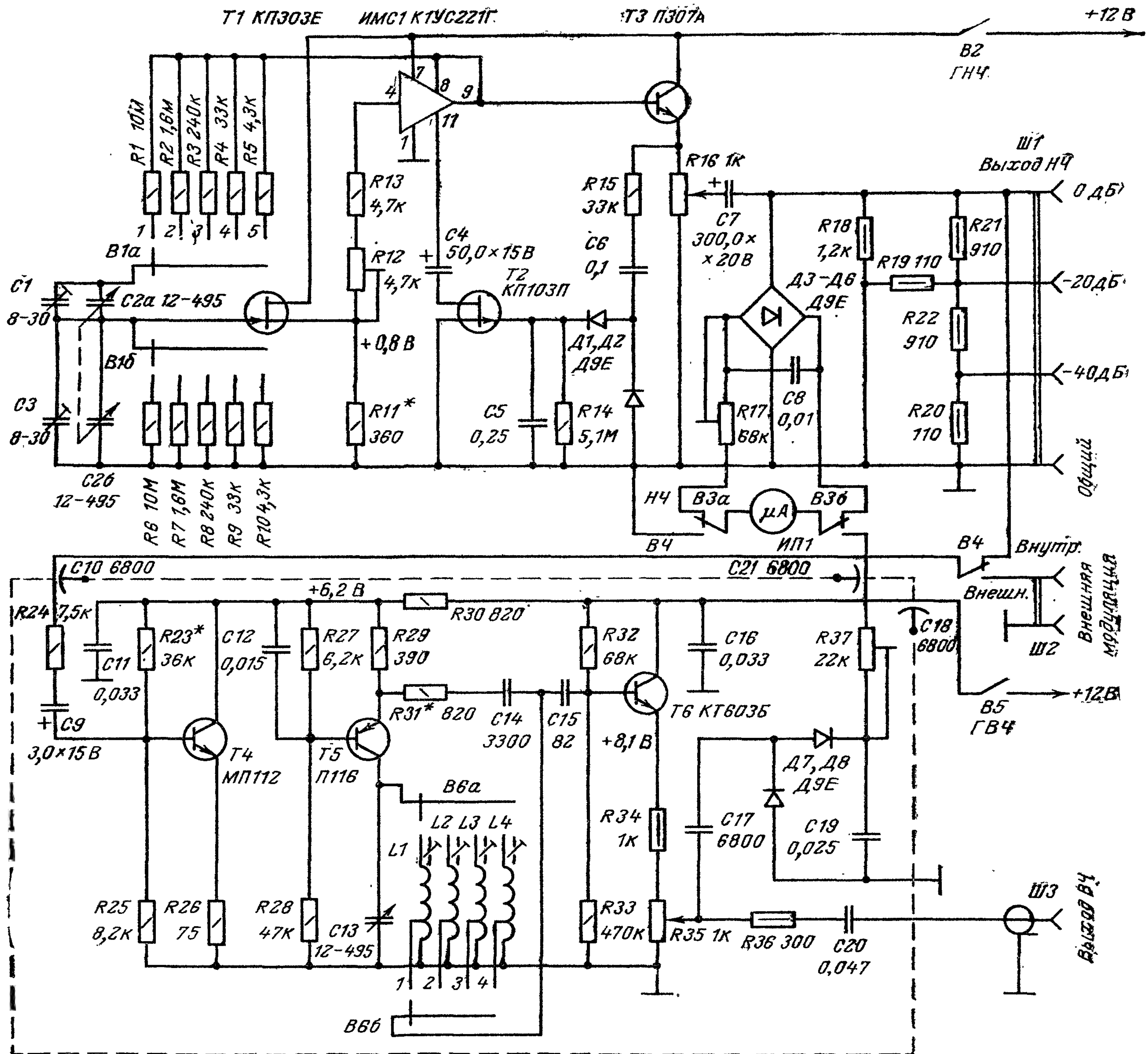


Рис. 5.5

Принципиальная схема комбинированного генератора показана на рис. 5.5. Транзисторы *Т1—Т3* и интегральная микросхема *ИМС1* применены в генераторе НЧ, транзисторы *Т4—Т6* — в генераторе ВЧ. Как видно из схемы, первое из этих устройств выполнено по известной схеме с так называемым мостом Вина (резисторы *R1—R10* и конденсаторы *С1—С3*) в цепи ПОС. Однако в отличие от большинства подобных генераторов для перестройки его по частоте в данном случае применен сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости (КПЕ) *С2*. Поскольку для работы с таким мостом входное сопротивление генератора должно быть большим, первый каскад выполнен по схеме истокового повторителя на полевом транзисторе *Т1*. Смена поддиапазонов генерируемых колебаний осуществляется переключением резисторов *R1—R10*.

Истоковый повторитель гальванически связан со входом интегрального двухкаскадного усилителя *ИМС1*, что улучшает фазовую характеристику генератора. Напряжение ПОС, превращающей усилитель в генератор колебаний, снимается с выхода усилителя *ИМС1* и через мост Вина подается в цепь затвора транзистора *Т1*. Оптимальный коэффициент передачи устанавливают подстроечным резистором *R12*.

С выхода интегральной микросхемы *ИМС1* сигнал поступает на эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе *Т3*, а с его нагрузки — переменного резистора *R16* (регулятор амплитуды) — на выходной ступенчатый аттенюатор, состоящий из резисторов *R18—R22*, и на вольтметр переменного тока, в состав которого входят выпрямительный мост (*Д3—Д6*) и (при установке переключателя *В3* в положение, показанное на схеме) стрелочный измеритель *ИП1*. Калибруют вольтметр подстроечным резистором *R17*.

Амплитуду генерируемых колебаний стабилизирует устройство, выполненное на полевом транзисторе *Т2* (его канал включен последовательно с конденсатором большой емкости *С4*, который шунтирует резистор в

цепи эмиттера транзистора второго каскада интегральной микросхемы). Выходной сигнал с эмиттера транзистора *Т3* выпрямляется диодами *Д1, Д2*, и постоянное напряжение, пропорциональное амплитуде сигнала, поступает на затвор транзистора *Т2*. Если по какой-либо причине (изменилось напряжение питания или температура окружающей среды) амплитуда выходного сигнала увеличится, то возрастет и положительное (по отношению к общему проводу) напряжение на затворе транзистора *Т2*. Это вызовет увеличение динамического сопротивления канала полевого транзистора, а следовательно, и глубины ООС по току во втором каскаде интегрального усилителя *ИМС1*. В результате коэффициент усиления интегральной микросхемы уменьшится и амплитуда выходного напряжения восстановится на прежнем уровне.

Генератор ВЧ состоит из задающего генератора на транзисторе *Т5*, эмиттерного повторителя на транзисторе *Т6*, ослабляющего влияние нагрузки на генератор, и модулятора на транзисторе *Т4*. Задающий генератор выполнен по обычной схеме на транзисторе, включенном по схеме с общей базой, и каких-либо особенностей не имеет. Нужный поддиапазон частот выбирают переключением катушек *L1—L4*. Плавно генератор перестраивают с помощью КПЕ *С13*. Генерируемый сигнал через конденсатор *С15* поступает на эмиттерный повторитель, а с его нагрузки — переменного резистора *R35* (регулятор амплитуды колебаний ВЧ) — на гнездо выходного коаксиального разъема *Ш3* и выпрямитель, выполненный по схеме удвоения напряжения на диодах *Д7, Д8*. Последний при установке переключателя *В3* в нижнее (по схеме) положение нагружается стрелочным измерителем *ИП1*, по которому в этом случае контролируют уровень выходного напряжения ВЧ. Калибруют измеритель подстроечным резистором *R37*.

Модуляция сигнала, вырабатываемого задающим генератором, осуществляется в описываемом приборе изменением напряжения его питания. Как видно из схемы, цепь питания задающего генератора подключена к коллектору транзистора *Т4*, на базу которого подается переменное напряжение с выхода генератора НЧ (через контакты переключателя *В4*, конденсатор *С9* и резистор *R24*). Под действием этого напряжения изменяется коллекторный ток транзистора *Т4*, а следовательно, и падение напряжения на резисторе *R30*. В результате изменяется напряжение на коллекторе транзистора и сигнал, вырабатываемый задающим генератором, модулируется по амплитуде. Таким способом можно получить глубину модуляции от 0 до 70%.

Питается комбинированный прибор от стабилизированного выпрямителя, собранного по обычной схеме.

Конструкция и детали. Каждый из генераторов и сетевой источник питания выполнены в виде отдельных блоков и помещены в металлический корпус (генератор ВЧ дополнительно заключен в латунный экран). В генераторе использованы два сдвоенных блока КПЕ от лампового приемника. Трансформатор питания может быть как готовым (например, от радиолы «Эфир-М»), так и самодельным. Его можно намотать на магнитопроводе из пластин Ш16 (толщина набора 24 мм). В сетевой обмотке на 220 В должно быть 2580 витков провода ПЭВ-2 0,15, в понижающей — 208 витков провода ПЭВ-2 0,59.

Катушки генератора ВЧ намотаны на полистироловых каркасах диаметром 8 и длиной 36 мм. Подстроечные сердечники — СЦР-1 из карбонильного железа. Катушки *L1—L3* намотаны внавал между щечками, расстояние между которыми у катушки *L2* составляет 20, а у катушки *L3*—10 мм. Катушка *L1* двухсекционная, расстояние между щечками каждой секции 10 мм. Намотка катушки *L4* — рядовая, в один слой. Числа витков катушек следующие: *L1*—200+390 (провод ПЭВ-1 0,12), *L2*—74+146 (ПЭВ-1, 0,15), *L3*—28+54 (ПЭВ-1 0,23), *L4*—10+21 (ПЭВ-1 0,35).

Налаживание прибора начинают с генератора НЧ. Вначале необходимо подобрать резистор *R11* в цепи истока транзистора *Т1* так, чтобы постоянные напряжения на истоке и на входе интегрального усилителя стали равными. Для этого временно отключают резистор *R13* от вывода *4* интегральной микросхемы *ИМС1* и, измерив напряжение на нем высокоомным вольтметром, подбором резистора *R11* (в пределах 300—1500 Ом) добиваются такого же напряжения на истоке транзистора *Т1*. Если этого не удается сделать, необходимо заменить транзистор другим (при отсутствии требуемого транзистора придется отказаться от гальванической связи и включить между входом интегральной микросхемы и резистором *R13* электролитический конденсатор емкостью 50 мкФ). Затем восстанавливают соединение цепи истока с входом интегральной микросхемы и, подключив к выходу генератора осциллограф, подстроечным резистором *R12* добиваются получения на выходе генератора неискаженного синусоидального сигнала амплитудой 2 В. Измеритель выхода калибруют подстроечным резистором *R17*, стремясь, к тому, чтобы при таком напряжении стрелка отклонилась на всю шкалу.

В остальном налаживание генератора НЧ и его градуировка не отличаются от неоднократно описанных в радиолюбительской литературе и поэтому здесь не приводятся.

Регулировку генератора ВЧ начинают с модулирующего каскада. Сводится она к установке (подбором резистора *R23*) напряжения на коллекторе транзистора *Т4*, равного 6,2 В. Затем к выходу генератора подключают осциллограф и, подбирая резистор *R31*, добиваются устойчивой генерации во всех поддиапазонах частот и формы сигнала, близкой к синусоидальной. Далее, установив переключатель *В3* в нижнее (по схеме) положение, подстроечным резистором *R37* калибруют измеритель выхода в этом режиме работы. Укладку диапазонов и градуировку генератора ВЧ можно выполнить по одной из методик, описанных в радиолюбительской литературе и журнале «Радио».

ГЕНЕРАТОР ШУМА

Несложный генератор шума для налаживания спортивной и высококачественной бытовой аппаратуры можно изготовить, используя в качестве источника маломощный кремниевый транзистор. Этот генератор предложил С. Жутяев. Схема генератора приведена на рис. 5.6. Источником шума является эмиттерный переход транзистора *Т1*, работающий в режиме пробоя обратным напряжением. Интенсивность генерируемого шума составляет несколько сот $кT_0$. Это существенно превышает значения, необходимые для налаживания УКВ аппаратуры (обычно меньше 20 $кT_0$). Такой запас позволяет ввести в генератор шума аттенюатор на резисторах *R2* и *R3* и улучшить тем самым его согласование с входными цепями налаживаемого приемника. Коэффициент ослабления аттенюатора около 13 дБ.

Генератор шума собирают в небольшой коробке. При монтаже надо обратить особое внимание на минимальную длину выводов транзистора *Т1*, резисторов *R2* и *R3*, а также конденсатора *С2*.

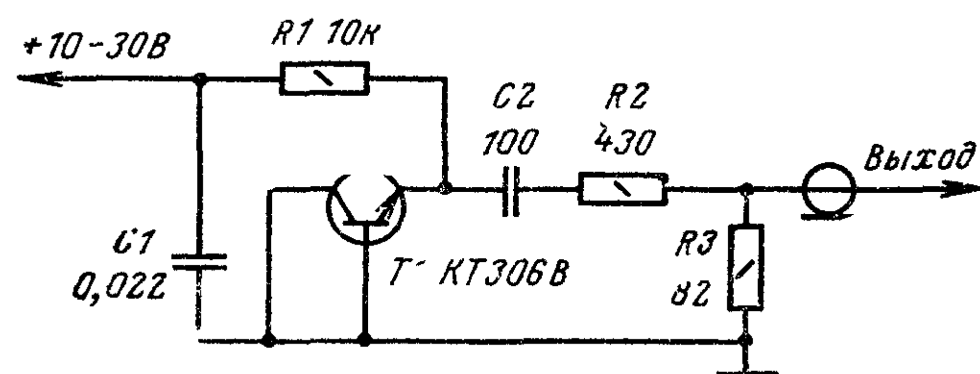


Рис. 5.6

ПРИСТАВКА К ГЕНЕРАТОРУ СИГНАЛОВ ВЧ

Настройка любительского приемника (особенно супергетеродинного) или другого устройства, содержащего высокочастотные колебательные контуры, значительно упростится, если его контуры заранее настроить на нужные частоты. Сделать это можно с помощью несложной приставки к генератору сигналов ВЧ, предложенной одним из старейших московских радиолюбителей Н. Путятиным. Диапазон рабочих частот приставки 0,1—12 МГц. Питается она от одной батареи 3336Л и потребляет ток около 5 мА.

Принципиальная схема приставки изображена на рис. 5.7. Как видно из схемы, она по существу представляет собой приемник прямого усиления с однокаскадным резонансным усилителем ВЧ, детектором и двухкаскадным усилителем НЧ, нагрузкой которого кроме головных телефонов (ТОН-1, ТОН-2), показанных на схеме, могут служить осциллограф или милливольтметр переменного тока с достаточно большим входным сопротивлением. Колебательный контур $L_кC_к$, подлежащий настройке, включают в коллекторную цепь транзистора *T1* и подают на вход модулированный сигнал требуемой частоты от генератора сигналов ВЧ. При совпадении частоты сигнала с резонансной частотой настраиваемого контура $L_кC_к$ амплитуда напряжения ВЧ на последнем резко возрастает. Через конденсатор *С3* оно поступает на детектор, выполненный на диоде *Д1*. Относительно небольшая емкость этого конденсатора практически исключает влияние детекторного каскада на резонансную частоту контура. Сигнал НЧ, выделенный на нагрузке детектора (резисторе *R5*), усиливается усилителем на транзисторах *Т2, Т3* и заставляет мембраны телефонов колебаться с частотой модулирующего сигнала.

Конструкция приставки может быть любой, важно только органы присоединения (зажимы *Кл1 — Кл6*) расположить так, чтобы с ними было удобно обращаться. В приставке можно использовать высокочастотные транзисторы с $h_{21э}$ =40—100.

Налаживание приставки сводится к установке режимов работы транзисторов по постоянному току при отсутствии сигнала на входе. Для этого зажимы *Кл3* и *Кл4* временно соединяют друг с другом проволочной перемычкой и, включив питание, измеряют напряжение на эмиттерах транзисторов *Т1* и *Т3:* в первом случае оно должно находиться в пределах 1,5—2 В, во втором — 2,5—3,5 В. Если это не так, требуемого напряжения на эмиттерах (по отношению к общему проводу) добиваются подбором резисторов *R1 (T1)* и *R6 (Т3)*.

При работе на вход приставки подают сигнал ВЧ амплитудой 0,1—1 мВ. Изменяя частоту генератора в предполагаемом диапазоне частот, добиваются наибольшей громкости звука в головных телефонах. Чтобы избежать перегрузки каскадов приставки, уровень выходного сигнала генератора по мере приближения его частоты к частоте настройки контура $L_кC_к$ следует постепенно уменьшать. Частота, на которую оказывается настроен генератор сигналов при наиболее громком звуке в телефонах, является резонансной частотой контура. На требуемую частоту его настраивают, изменяя емкость конденсатора $C_к$ и, если это предусмотрено, изменением индуктивности катушки $L_к$.

Для исключения ошибки в определении резонансной частоты необходимо убедиться, что как при уменьшении, так и при увеличении частоты сигнала контур не резонирует. Если же звук в телефонах будет возникать и при настройке генератора на другие частоты, то резонансной следует считать ту, на которой громкость звука максимальна.

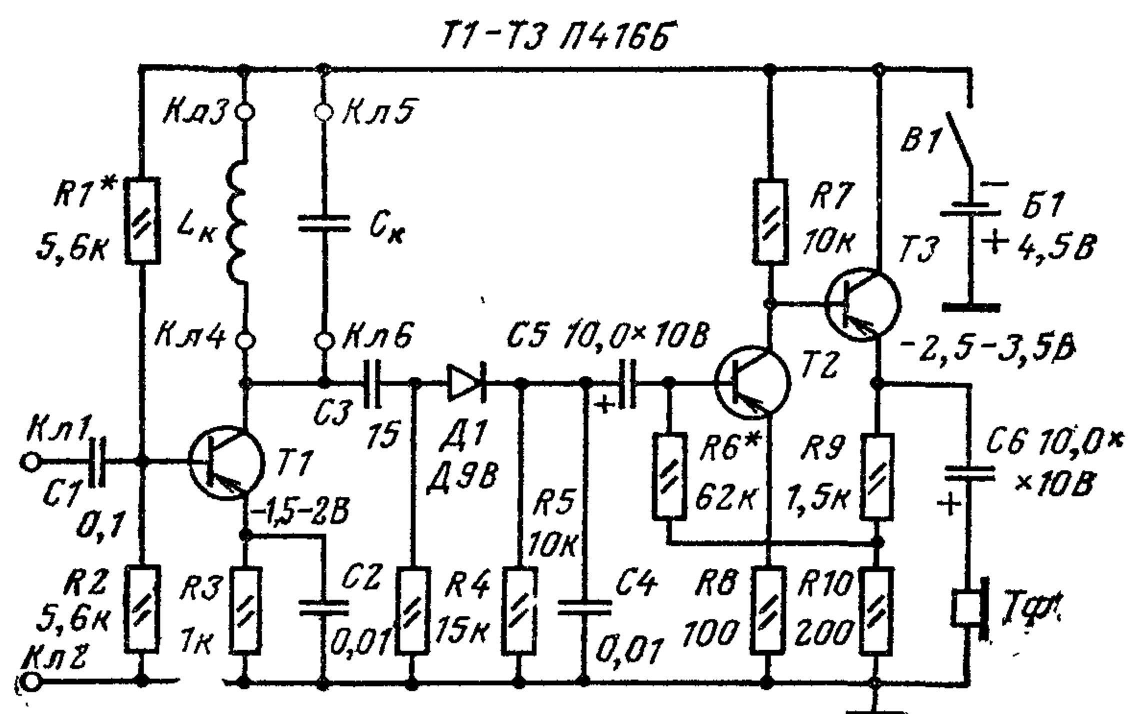


Рис. 5.7

ИЗМЕРИТЕЛЬ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Одним из параметров, по которому можно судить о качестве усилителя звуковой частоты, является коэффициент гармоник. Численно он равен выраженному в процентах отношению напряжения гармонических составляющих усиленного сигнала к напряжению его первой гармоники. У высококачественного усилителя этот параметр не должен превышать 0,2—0,3%. Измерить нелинейные искажения такого значения можно только специальным прибором — измерителем нелинейных искажений. Такие приборы известны радиолюбителям, однако большинство из них настолько сложны, что их постройка и налаживание оказываются под силу только очень опытным радиолюбителям. Предлагаемый вниманию читателей прибор, разработанный в редакционной лаборатории журнала «Радио», в значительной мере свободен от этих недостатков, поэтому за его постройку может взяться даже не очень искушенный в измерительной технике радиолюбитель.

Принципиальная схема измерителя показана на рис. 5.8. По существу это приставка к милливольтметру переменного тока. Вместе с ним и с источником сигнала — генератором сигналов звуковой частоты — приставка позволяет измерять коэффициент гармоник от 0,15% и выше (при входном напряжении не менее 2 В) во всем диапазоне звуковых частот. Погрешность измерений сравнительно велика — около 50%. Входное сопротивление измерителя около 5 кОм, коэффициент передачи примерно 1.

Измеритель состоит из фазовращателя, собранного на транзисторах *Т1* и *Т3*, усилительного каскада на транзисторе *Т5* и так называемого активного фильтра верхних частот (ФВЧ) на транзисторе *Т6*. Эмиттерные повторители на транзисторах *Т2* и *Т4* обеспечивают необходимую для нормальной работы фазовращателя развязку между каскадами. Сигнал с выхода налаживаемого усилителя поступает на входное гнездо *Гн1*, а с него — на регулятор уровня (переменный резистор *R1*). Снимаемый с его движка сигнал разветвляется в два канала. Один из них образован фазовращателем, другой — резисторами *R17* и *R18*. Таким образом, на вход усилительного каскада на транзисторе *Т5* поступают два сигнала: один, прошедший через резисторы *R17, R18,* другой — через фазовращатель, сдвигающий фазу сигнала (по отношению к входному) на 180°. При равенстве амплитуд (этого можно добиться переменным резистором *R17*) сигналы взаимно компенсируются, однако происходит это только на одной определенной частоте, которая зависит от параметров элементов фазовращателя (конденсаторов *С2 — С9* и резисторов *R7, R8, R12, R13*). Что же касается гармоник сигнала, то они получают в фазовращателе иной сдвиг фазы и поэтому не компенсируются. В результате на выходе усилительного каскада *(Т5)* присутствует некоторое переменное напряжение, представляющее собой сумму напряжений гармоник входного сигнала. Измерив его и

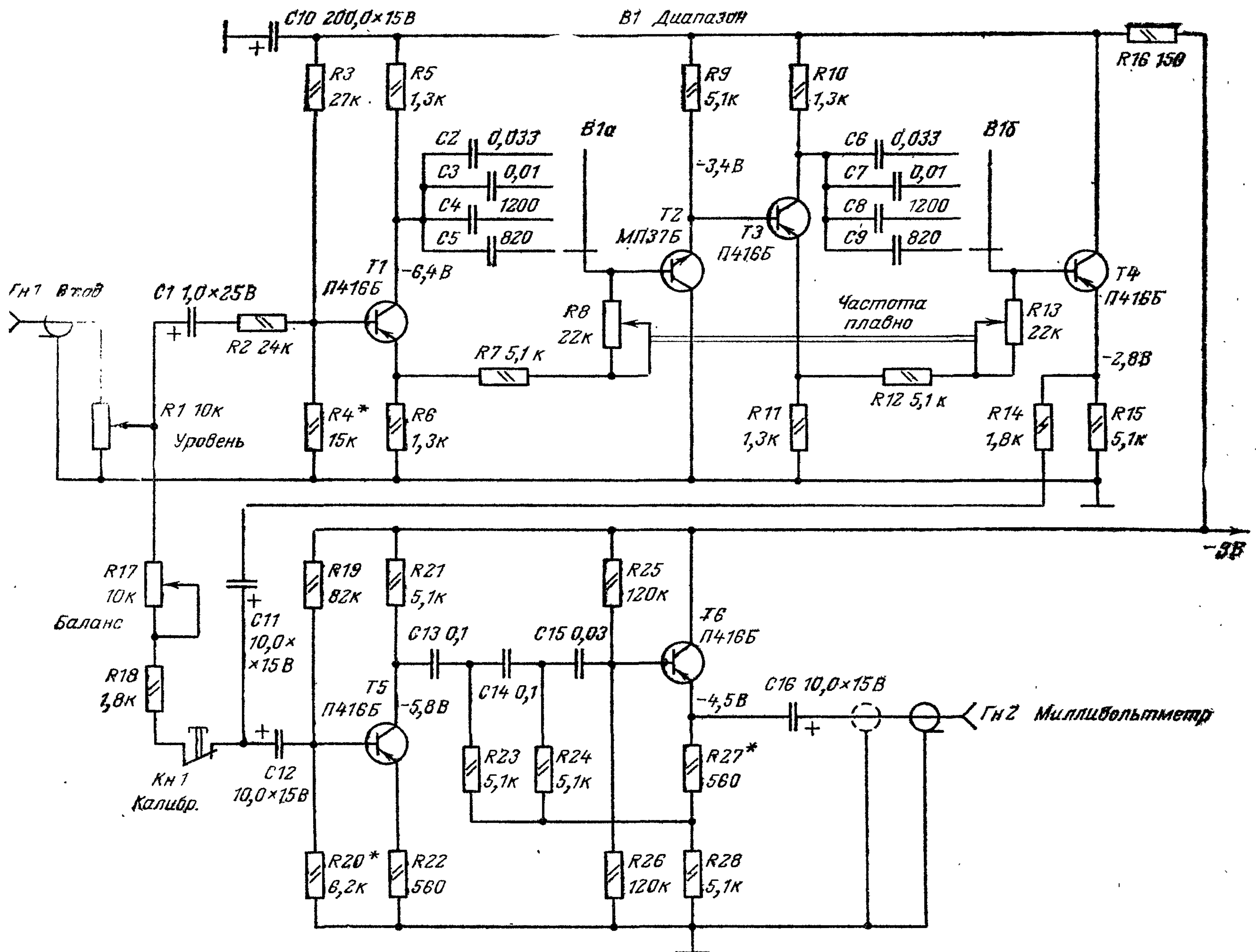


Рис. 5.8

напряжение первой гармоники * (для этого достаточно нажать кнопку *Кн1*), рассчитывают коэффициент гармоник:

$$K_г = \frac{U_г}{U_1} 100\%.$$

Активный ФВЧ, не пропускающий составляющих частотой ниже 200 Гц, устраняет влияние на точность измерений всевозможных наводок с частотой питающей сети и пульсаций, вызванных недостаточной фильтрацией напряжения питания.

Измеритель можно выполнить как в виде узла, встроенного в милливольтметр переменного тока, так и в виде отдельной приставки к нему. Все транзисторы могут быть низкочастотными или высокочастотными маломощными с $h_{21Э} \geqslant 60$ (при токе эмиттера 1 мА). Транзисторы с бо́льшим значением этого параметра следует использовать в эмиттерных повторителях (*Т2, Т4*) и в ФВЧ (*Т6*). Остальные детали — любого типа.

Налаживание прибора начинают с проверки режимов работы транзисторов по постоянному току: при использовании транзисторов с $h_{21Э} = 80$ они не должны отличаться от указанных на схеме более чем на ±20%. Наиболее тщательно необходимо подобрать режим работы транзистора *Т5*, поскольку он лимитирует нижний предел измерений коэффициента гармоник. Наиболее легко это сделать, наблюдая на экране осциллографа синусоидальный сигнал, снимаемый с коллектора этого транзистора. Подбором резистора *R20* необходимо добиться того, чтобы ограничение выходного сигнала сверху и снизу наступало одновременно. Если измеритель предполагается питать от нестабилизированного источника (например, батареи), то требуемый режим работы транзистора *Т5* необходимо установить при минимально допустимом напряжении питания $U_{и.п.мин}$. При отсутствии осциллографа постоянное напряжение на коллекторе $U_к$ устанавливают равным: $U_к = (U_{и.п} + 1{,}6\ В)/2$.

После этого с помощью генератора сигналов звуковой частоты и милливольтметра переменного тока регулируют АЧХ активного ФВЧ (*Т6*). Сигнал от генератора подают в точку соединения конденсаторов *С11* и *С12* и подбирают резистор *R27* так, чтобы коэффициент передачи фильтра на частотах 250—300 Гц стал равным примерно 1 (на частотах выше 400 Гц он равен 1). Естественно, при этом необходимо учитывать коэффициент усиления каскада на транзисторе *Т5* (около 5) и нормировать выходной сигнал ФВЧ на его значение на частотах 400—1000 Гц. Следует помнить, что уменьшение сопротивления резистора *R27* до нуля ведет к заметному спаду АЧХ на частотах 250—300 Гц, а увеличение свыше 600 Ом, наоборот, к ее подъему.

---

* Строго говоря, в данном случае измеряется напряжение всего сигнала, однако, если $K_г$ не превышает 10%, то погрешность измерений увеличивается незначительно.

На этом, собственно, налаживание измерителя и заканчивается. Однако, прежде чем пользоваться им для оценки коэффициента гармоник усилителей, советуем проверить этот параметр у генератора сигналов звуковой частоты, а заодно и познакомиться с методикой измерений. Перед работой движки переменных резисторов *R8*, *R13* и *R17* устанавливают в среднее положение, переменного резистора *R1* — в нижнее (по схеме) положение, а милливольтметр переключают на предел измерений 2 В. На вход измерителя подают от генератора напряжение 0,2—0,3 В требуемой частоты (на которой хотят измерить коэффициент гармоник) и выбирают переключателем *B1* измерителя соответствующий диапазон частот. Последовательно манипулируя регулятором уровня *R1* и переключателем пределов милливольтметра, устанавливают стрелку прибора в последней трети шкалы.

Затем изменением сопротивлений переменных резисторов *R8* и *R13* добиваются минимума показаний прибора (он может быть сравнительно «размытым»), после чего той же цели добиваются резистором *R17*, затем снова резисторами *R8* и *R13* и т. д. В процессе регулировок необходимо постоянно увеличивать чувствительность милливольтметра, стараясь все время удерживать стрелку его прибора во второй половине шкалы. В конце концов должен наступить момент, когда ни одним из резисторов не удастся уменьшить показания прибора. Это будет означать, что измеритель сбалансирован и его можно калибровать. Переключив милливольтметр на предел 2 В, нажимают кнопку *Кн1* и перемещением движка резистора *R1* устанавливают стрелку прибора на последнюю отметку шкалы. Отпустив кнопку, измеряют напряжение гармоник и рассчитывают $K_г$ по приведенной выше формуле.

Точно так же оценивают искажения и усилителей. Однако при этом всегда надо помнить, что измерить $K_{г.у}$ усилителя с приемлемой точностью можно только в том случае, если он намного больше $K_{г.г}$ генератора сигналов. Если же измеренное значение $K_{г.у}$ усилителя всего лишь в 2—3 раза превышает $K_{г.г}$ генератора, то истинное значение этого параметра $K_{г.и}$ усилителя можно рассчитать по формуле

$$K_{г.и} = \sqrt{K_{г.у}^2 - K_{г.г}^2}\,.$$

Следует помнить также, что описанный прибор пригоден для измерения $K_г$ на нагрузке усилителей мощности, выходное сопротивление которых обычно не превышает единиц ом. Если же предполагается использовать его для измерения $K_г$ устройств с большим выходным сопротивлением, то в него необходимо ввести еще один (входной) эмиттерный повторитель.

ЛОГИЧЕСКИЙ ПРОБНИК

Пробник, разработанный москвичом Л. Буровым, позволяет не только различать состояния 0 и 1 логических элементов, но и обнаруживать одиночные импульсы и пачки импульсов, оценивать их скважность. Пробник выполнен на трех интегральных микросхемах серии К133 и двух транзисторах. Для отображения информации использована светодиодная матрица, на которой индицируются цифры 0 и 1, указывающие на соответствующие логические уровни, и точка, сигнализирующая о наличии импульсов в проверяемой цепи.

Принципиальная схема пробника приведена на рис. 5.9. Его входной каскад — эмиттерные повторители на транзисторах разной структуры *T1* и *T2*, которые уменьшают влияние пробника на проверяемое устройство и сдвигают уровни сигналов, поступающих на входы инверторов *ИМС1а* и *ИМС3а*. Дополнительный сдвиг уровней осуществляется диодами *Д1* и *Д2*. В результате, если входное напряжение больше 2,4 В, на выходе инвертора *ИМС3в* появляется сигнал, соответствующий логическому 0, и начинает светиться сегмент *d* светодиодного индикатора *СИ1*, индицируя цифру 1 (индикатор повернут на 90° относительно стандартного рабочего положения). Если же входное напряжение меньше этого значения, напряжение на выходе того же инвертора *ИМС3в* соответствует уровню логической 1 и сегмент *d* не светится. При входном напряжении, меньшем 0,4 В, напряжение логической 1 появляется на выходе инвертора *ИМС1а*. Оно инвертируется элементом *ИМС1б* и через резистор *R6* поступает на сегменты *a*, *b*, *f*, *g*, которые, зажигаясь, индицируют цифру 0.

При появлении на входе пробника прямоугольных импульсов в работу включается ждущий мультивибратор (одновибратор) на элементах *ИМС3а* и *ИМС3б*, который запускается импульсами с выхода элемента *ИМС2а*, формируемыми в моменты, соответствующие фронту и спаду входных импульсов. Фактически здесь происходит дифференцирование входных импульсов элементами *ИМС1а* — *ИМС1г* и *ИМС2а*, *ИМС2б*. Принцип дифференцирования основан на внутренней задержке этих элементов. Происходит это так. Импульс с выхода инвертора *ИМС1а* поступает на вход *13* элемента *ИМС2а* и входы *4*, *5* элемента *ИМС2б*. Этот же импульс, но задержанный и инвертированный цепочкой из элементов *ИМС1б* — *ИМС1г* подается на вход *1* элемента *ИМС2а* и входы *2*, *3* элемента *ИМС2б*. В результате в момент появления импульса на выходе элемента *ИМС1а* на входах *1* и *13* элемента *ИМС2а* в течение всего времени задержки переключения элементов *ИМС1б* — *ИМС1г* оказывается высокий логический потенциал, и на его выходе формируется импульс отрицательной полярности. В момент спада входного импульса элемента *ИМС1а* на все входы логического элемента *ИМС2б* подается сигнал логического 0, и на его выходе формируется положительный импульс, длительность которого также равна суммарному времени задержки элементов *ИМС1б* — *ИМС1г*. Этот импульс поступает на входы *9*, *10* элемента *ИМС2а*, и на его выходе вновь формируется импульс отрицательной полярности.

Импульсы с выхода элемента *ИМС2а* поступают на вход одновибратора, выполненного на элементах *ИМС3а* и *ИМС3б*, и запускают его. Если частота следования импульсов не превышает 10 Гц, а их длительность достаточно велика, одновибратор реагирует как на фронт, так и на спад входных импульсов и символ «точка», подключенный к его выходу через резистор *R5*, вспыхивает дважды за период. Если же длительность импульсов менее 5 мс, то на каждый из них одновибратор срабатывает только один раз. При частоте следования свыше 10 Гц одновибратор реагирует уже не на каждый импульс, а начиная с 20 Гц вспышки «точки» сливаются и она светится непрерывно. О скважности импульсов судят по свечению сегментов светодиодного индикатора: если форма сигнала близка к меандру, то одновременно с «точкой» индицируются оба знака 0 и 1, а если скважность велика, то один из них.

Назначение остальных деталей пробника следующее. Резистор *R1* предохраняет пробник от перегрузок, диод *Д3* ускоряет переключение элемента *ИМС1а* при большой частоте входных импульсов, конденсатор *C2* — развязывающий в цепи питания пробника.

Конструкция и детали. Все детали пробника смонтированы на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертеж платы показан на рис. 5.10 (*а* — со стороны установки интегральных микросхем, *б* — с противоположной стороны). Плата рассчитана на установку резисторов МЛТ-0,125, конденсаторов К53-4 (*C1*) и КМ-4 (*C2*). Стальная игла-щуп впаяна в продольный паз платы, а светодиодный индикатор удерживается на ее торце за

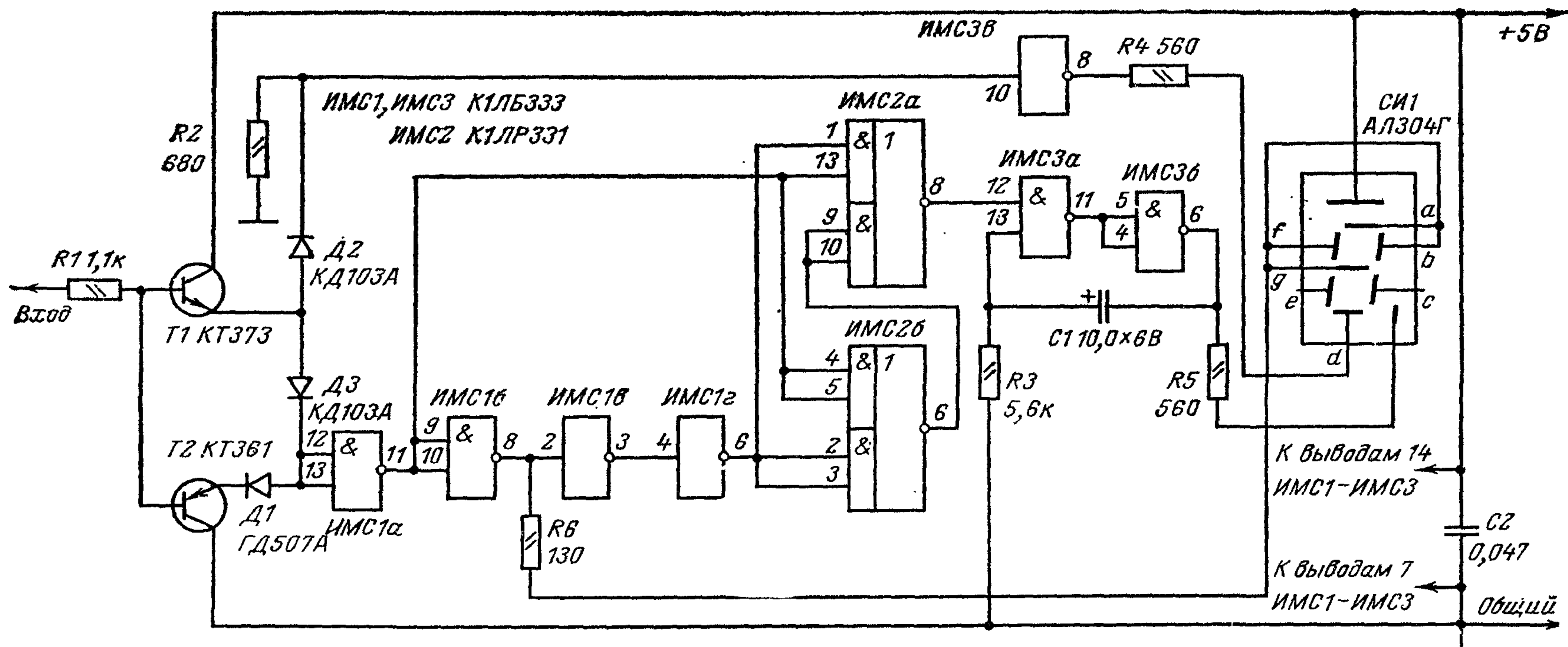


Рис. 5.9

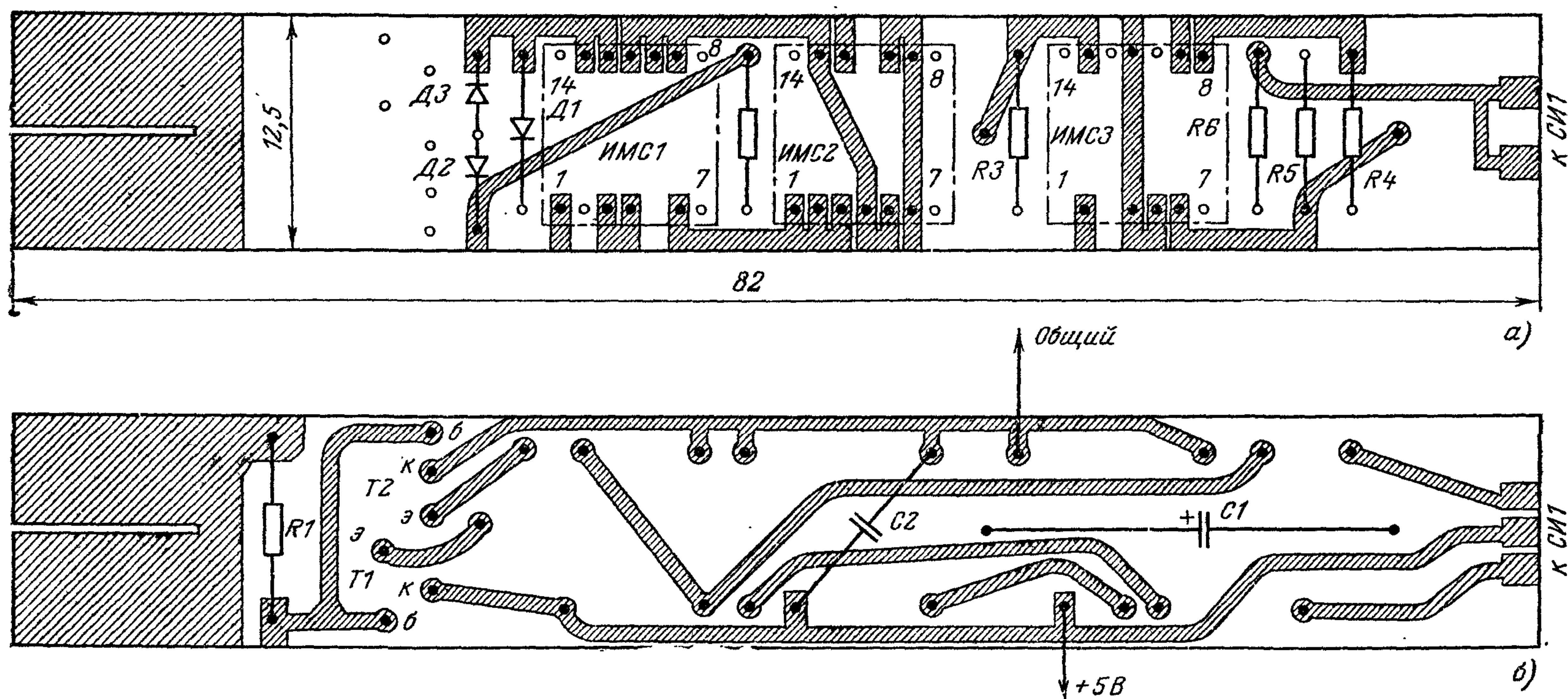


Рис. 5.10

счет жесткости своих выводов, припаянных к подходящим сюда печатным проводникам. Плата помещена в цилиндрический корпус с крышкой из прозрачного органического стекла.

В пробнике можно применить любые кремниевые высокочастотные транзисторы соответствующей структуры и любые маломощные кремниевые *(Д2, Д3)* и германиевые *(Д1)* диоды. Интегральные микросхемы серии К133 можно заменить аналогичными по назначению микросхемами серии К155, однако в этом случае рисунок печатной платы придется изменить. При отсутствии светодиодной матрицы АЛ304Г индикатор пробника можно выполнить на трех светодиодах, например на двух АЛ102Б (1 и точка) и одном АЛ102В (0). Необходимой яркости их свечения добиваются подбором ограничительных резисторов *R4 — R6*. При сигнале на входе пробника, соответствующем логическому 0, в этом случае будет светиться зеленый светодиод, логической 1 — красный. На симметричные прямоугольные импульсы пробник с таким индикатором будет реагировать свечением всех трех светодиодов, на импульсы положительной полярности — красного и зеленого, отрнцательной — обоих красных светодиодов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

90 к.

"РАДИО И СВЯЗЬ"